

Klinik für Augenheilkunde der Universität Marburg  
Direktor: Prof. Dr. med. W. Sekundo  
des Fachbereichs Medizin der Philipps-Universität Marburg

**Analyse der Gründe für Aphakie  
und Vergleich der Therapieresultate nach  
sekundärer, intraokularer Linsenimplantation**

Inaugural-Dissertation zur Erlangung des  
Doktorgrades der gesamten Humanmedizin

dem Fachbereich Medizin der Philipps-Universität Marburg  
vorgelegt von Sarah Christina Ronski  
aus Bremen / Deutschland  
Marburg 2014

Angenommen vom Fachbereich Medizin der Philipps-Universität Marburg am:  
10.01.2014.

Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereichs.

Dekan: Prof. Dr. H. Schäfer

Referent: Prof. Dr. J. C. Schmidt

1. Korreferentin: Prof. Dr. B. Lorenz

Vorsitzende: PD. Dr. C. Rolfes

**Analyse der Gründe für Aphakie  
und Vergleich der Therapieresultate nach  
sekundärer, intraokularer Linsenimplantation**

# Inhaltsverzeichnis

<b>Inhaltsverzeichnis.....</b>	<b>IV</b>
<b>Abbildungsverzeichnis.....</b>	<b>VI</b>
<b>Tabellenverzeichnis.....</b>	<b>VII</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis.....</b>	<b>VIII</b>
<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>1</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>3</b>
<b>1. Einleitung .....</b>	<b>5</b>
<b>2. Die natürliche Linse.....</b>	<b>7</b>
2.1. Anatomie und Physiologie .....	7
2.2. Embryologie.....	9
<b>3. Aphakie (Linsenlosigkeit).....</b>	<b>10</b>
3.1. Definition.....	10
3.2. Ursachen .....	10
3.2.1. Ophthalmologische Operationen, iatrogene Faktoren .....	10
3.2.2. Subluxation / Luxation der Linse .....	12
3.2.3. Kongenitale Katarakt.....	15
3.3. Therapieoptionen .....	16
3.3.1. Starbrille.. .....	16
3.3.2. Kontaktlinsen .....	17
3.3.3. Implantation einer intraokularen Linse .....	18
3.3.4. Repositionierung / Refixation einer intraokularen Linse.....	19
<b>4. Intraokulare Linsen.....</b>	<b>21</b>
4.1. Grundlagen .....	21
4.2. Historischer Hintergrund .....	21
4.3. Linsentypen .....	23
4.3.1. Vorderkammerlinsen.....	23
4.3.2. Hinterkammerlinsen.....	25
4.3.2.1. Klassische Hinterkammerlinsen .....	25
4.3.2.2. Sulcusfixierte Linsen .....	26
4.3.2.3. Skleranahftfixierte Linsen.....	28
4.3.2.4. Irisfixierte Linsen (Irisklauenlinsen) .....	31

4.4.	Besonderheiten und Probleme der operativen Methoden .....	34
4.5.	Berechnung der Kunstlinsenstärke .....	35
4.6.	Multifokale Intraokularlinsen.....	38
<b>5.</b>	<b>Aktuelle Literatur zum Thema „Therapieoptionen bei Aphakie“ .....</b>	<b>40</b>
5.1.	Linsenaustausch.....	40
5.2.	Linsenluxationen.....	42
5.3.	Iatrogen entstandene Aphakie .....	43
5.4.	Intraokulare Linsenimplantationen bei Kindern.....	43
5.5.	Vorderkammerlinsen vs. verschiedene Hinterkammerlinsen .....	45
<b>6.</b>	<b>Retrospektive Studie an der Universitätsaugenklinik Marburg (2002-2007) 48</b>	
6.1.	Hintergrund und Fragestellung.....	48
6.2.	Methodik und Material.....	50
6.3.	Resultate .....	52
6.3.1.	Gründe für Aphakie.....	52
6.3.1.1.	Aphakie aufgrund einer kongenitalen Katarakt.....	53
6.3.1.2.	OP-Folge / Iatrogen entstandene Aphakie .....	54
6.3.1.3.	Optische Aphakie aufgrund einer Linsenluxation .....	56
6.3.2.	Eingesetzte Therapien .....	60
6.3.3.	Vergleich der Indikationen / Einsatzgebiete .....	63
6.3.3.1.	Indikationen der verschiedenen Therapiegruppen.....	63
6.3.3.2.	Durchgeführte Therapien bei den jeweiligen Ursachen ..	67
6.3.4.	Ergebnisse bezüglich Refraktion und Visus .....	69
6.3.4.1.	Refraktionsergebnisse .....	70
6.3.4.2.	Visusergebnisse .....	74
6.3.5.	Ergebnisse der subjektiven Patienten-Einschätzung.....	80
6.3.6.	Aufgetretene Komplikationen .....	83
6.3.7.	Bestehende Vorerkrankungen .....	87
6.4.	Diskussion .....	89
6.4.1.	Beurteilung der Ergebnisse.....	90
6.4.2.	Problemanalyse .....	100
6.4.3.	Ausblick / Perspektive .....	101
6.4.4.	Schlusswort .....	102
	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>IX</b>
	<b>Verzeichnis der akademischen Lehrer .....</b>	<b>XVI</b>
	<b>Danksagung .....</b>	<b>XVII</b>

# Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Anatomie des Auges .....	7
Abbildung 2: Dislozierte Intraokularlinse .....	20
Abbildung 3: Sulcuslinse AcriLyc 51N®, AcriTec .....	27
Abbildung 4: Nahtfixierte Linse Morcher Typ 66® .....	27
Abbildung 5: Nahtfixierte Linse RaynerTyp 755U® .....	30
Abbildung 6: Iris-Klauen-Linse, Verisyse®, AMO .....	32
Abbildung 7: Retrograd implantierte Irisklauenlinse bei maximaler Mydriasis.....	33
Abbildung 8: Gründe für Aphakie .....	53
Abbildung 9: Operationsfolgen / Iatrogene Ursachen für Aphakie .....	54
Abbildung 10: Dislokationen von natürlichen und intraokularen Linsen im Vergleich...	57
Abbildung 11: Ursachen für eine Linsendislokation .....	58
Abbildung 12: Bei Aphakie eingesetzte Therapien .....	60
Abbildung 13: Prozentualer Vergleich der verwendeten Therapieoptionen .....	63
Abbildung 14: Ursachen bei Einsatz einer irisfixierten Linse .....	64
Abbildung 15: Ursachen bei Einsatz einer nahtfixierten Linse .....	65
Abbildung 16: Ursachen bei Einsatz einer sulcusfixierten Linse.....	65
Abbildung 17: Ursachen bei Einsatz einer Reposition .....	66
Abbildung 18: Durchgeführte Therapien aufgetragen nach Ursachen .....	68
Abbildung 19: Visusveränderungen bei den nahtfixierten Linsen .....	74
Abbildung 20: Visusveränderungen bei den irisfixierten Linsen.....	75
Abbildung 21: Visusveränderungen bei den sulcusfixierten Linsen .....	76
Abbildung 22: Visusveränderungen bei den Repositionen .....	77
Abbildung 23: Subjektive Patienten-Einschätzung (n=110) .....	81
Abbildung 24: Subjektive Patienten-Einschätzung (n=60) .....	82
Abbildung 25: Vergleich der Komplikationshäufigkeit zwischen den Therapien.....	84

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Altersverteilung .....	50
Tabelle 2: Geschlechterverteilung.....	50
Tabelle 3: Gründe für Aphakie .....	52
Tabelle 4: Bei Aphakie angewandte Therapien.....	61
Tabelle 5: Durchgeführte Therapien aufgetragen nach Ursachen .....	67
Tabelle 6: Sphärisches Äquivalent der nahtfixierten Linsen .....	70
Tabelle 7: Cylindrisches Äquivalent der nahtfixierten Linsen.....	70
Tabelle 8: Refraktionsergebnisse der nahtfixierten Linsen .....	71
Tabelle 9: Sphärisches Äquivalent der irisfixierten Linsen.....	71
Tabelle 10: Cylindrisches Äquivalent der irisfixierten Linsen .....	71
Tabelle 11: Refraktionsergebnisse der irisfixierten Linsen .....	72
Tabelle 12: Sphärisches Äquivalent der Sulcuslinsen .....	72
Tabelle 13: Cylindrisches Äquivalent der Sulcuslinsen.....	72
Tabelle 14: Refraktionsergebnisse der Sulcuslinsen.....	73
Tabelle 15: Sphärisches Äquivalent der Repositionen .....	73
Tabelle 16: Cylindrisches Äquivalent der Repositionen.....	73
Tabelle 17: Visus- und Refraktionsergebnisse der verschiedenen Therapien .....	78
Tabelle 18: Subjektive Bewertung der verschiedenen Therapieoptionen .....	82
Tabelle 19: Aufgetretene Komplikationen.....	85
Tabelle 20: Tensio-Entwicklung perioperativ.....	86
Tabelle 21: Bestehende Vorerkrankungen.....	88

## Abkürzungsverzeichnis

bzw.	beziehungsweise
d.h.	das heißt
Dpt	Dioptrie
ECCE	Extrakapsuläre Kataraktextraktion
HKL	Hinterkammerlinse
ICCE	Intrakapsuläre Kataraktextraktion
IOL	Intraokulare Linse
N	Anzahl
PEX	Pseudoexfoliationssyndrom
PMMA	Polymethylmethacrylat (Plexiglas)
PPV	Pars-plana Vitrektomie
SD	Standardabweichung
T	Tensio (Augeninnendruck)
u.a.	unter anderem
UAM	Universitätsaugenklinik Marburg
vgl.	vergleiche
VKL	Vorderkammerlinse
vs.	versus
Vv.	Visusveränderung
z.B.	zum Beispiel



# Zusammenfassung

**Hintergrund:** Ziel der Untersuchung ist es, Gründe für Aphakie in der heutigen Zeit darzustellen sowie geeignete Therapieoptionen aufzuzeigen.

**Material und Methoden:** Es handelt sich um eine retrospektive Analyse, welche die Gründe für eine Aphakie, die eine sekundäre Implantation einer Intraokularlinse oder eine Intraokularlinsen-Repositionierung erforderlich machen, sowie deren möglichen Wandel zwischen 2002 und 2007 untersucht. Insgesamt wurden 105 Patienten (110 Augen, davon 72 männlich und 38 weiblich) in der Augenklinik der Philipps-Universität Marburg aufgrund einer Aphakie behandelt. Das Durchschnittsalter des Kollektivs betrug 63 Jahre (Altersspanne 6-92 Jahre). Die implantierten, intraokularen Linsen werden beschrieben und sowohl untereinander, als auch mit den Ergebnissen von Intraokularlinsen-Repositionen verglichen. Anhand von prä- und postoperativen Visus- und Refraktionswerten, prä- und postoperativem Augeninnendruck, aufgetretenen Komplikationen, sowie der subjektiven Einschätzung der Patienten nach dem Eingriff werden die Ergebnisse der verschiedenen Operationsmethoden quantifiziert. Die statistische Auswertung erfolgte mittels absoluter und relativer Häufigkeit, Mittelwert und Standardabweichung sowie Varianzanalyse.

**Ergebnisse:** Mit rund 62% (68 Augen) sind Linsenluxationen mit Abstand der häufigste Grund für eine optische Aphakie. Auslöser sind Traumen (40%), idiopathische Linsenluxationen (34%), PEX-Syndrom (12%), Zonulolyse (9%) und Marfan-Syndrom (6%). An zweiter Stelle der Aphakie-Ursachen stehen mit 32% (35 Augen) Operationsfolgen bzw. iatrogen entstandene Linsenlosigkeiten, z.B. bei Zustand nach komplizierter Kataraktoperation. Mit 6% (7 Augen) steht die kongenitale Katarakt an dritter Stelle und ist somit eine eher seltene Aphakie-Ursache.

89% aller Aphakien wurden mittels sekundärer Implantation einer Intraokularlinse behandelt. Die am häufigsten verwendete Linse war mit 35% (38 Augen) die nahtfixierte Linse, gefolgt von der retropupillar-invers implantierten irisfixierten Linse mit 32% (35 Augen) und der sulcusfixierten Linse mit 22% (24 Augen). Während die retropupillar implantierte, irisfixierte Linse absolut und prozentual stetig steigende Implantationszahlen aufwies (2007 rund 60% aller Interventionen), kam es zu einem Rückgang der Implantationszahlen sowohl für nahtfixierte als auch für sulcusfixierte Linsen. In 11% der

von einer Aphakie betroffenen Augen konnte eine luxierte, künstliche Intraokularlinse wieder repositioniert werden.

Mit einer durchschnittlichen Refraktionsdifferenz von - 0,41 dpt ist die Gruppe der sulcusfixierten Linsen bezüglich der angestrebten Refraktion am genauesten, dicht gefolgt von den irisfixierten Linsen mit einer Differenz von 0,42 dpt. Etwas weniger genaue, postoperative Refraktionswerte, mit einer Differenz von - 0,59 dpt, wurden mit den nahtfixierten Linsen erzielt. In 29% (28 von insgesamt 97 Augen) der mit einer sekundären Linsenimplantation behandelten Augen, wurde die angestrebte Zielrefraktion um > 1 dpt verfehlt.

Im Vergleich war in der Gruppe der Repositionen mit - 1,35 dpt die größte Differenz zwischen prä- und postoperativem, cylindrischen Äquivalent nachweisbar (chirurgisch induzierter Astigmatismus). Bei den irisfixierten Linsen betrug die Differenz - 0,89 dpt, bei den nahtfixierten Linsen - 0,38 dpt und bei den sulcusfixierten Linsen - 1,1 dpt.

Nach Implantation einer Iris-Klauen-Linse konnte bei 71% aller operierten Augen ein Visusanstieg verzeichnet werden. Mit ebendiesem Linsentyp wurde zudem die höchste Visussteigerung, nämlich im Mittel um 0,16 ( $\pm$  0,22) nach 3 Monaten erzielt. Nach Implantation einer nahtfixierten Linse konnte bei rund 63% aller Patienten eine Visussteigerung erreicht werden, bei den sulcusfixierten Linsen und den Repositionen betrug der Anteil je 58%.

Bezüglich postoperativen Visus- und Refraktionsergebnissen konnten zwischen den einzelnen Therapiegruppen keine signifikanten Unterschiede nachgewiesen werden.

55 von 110 Eingriffen verliefen absolut komplikationslos. Die am häufigsten beobachtete Komplikation stellte mit 17% (19 Augen) eine Augeninnendruck-Schwankung dar, gefolgt von Pupillenverziehung, Dislokation, Deszemetfalten und IOL-Explantation mit je rund 5%. Die Mehrzahl der aufgetretenen Komplikationen war dabei vorübergehend bzw. beeinflusste nicht das postoperative Sehergebnis der Patienten. Mit 75% komplikationslosen Eingriffen erwiesen sich die Repositionen als besonders komplikationsarme Therapieoption.

**Schlussfolgerungen:** Die skleranahtfixierte Linse, die Sulcuslinse und die retropupillar implantierte Iris-Klauen-Linse sind in etwa gleichwertige Therapieoptionen, die sich alle zur Aphakiekorrektur eignen. Welcher Linsentyp eingesetzt wird, ist im Wesentlichen abhängig vom präoperativen Befund. Als sehr sichere und effektive Behandlung hat sich zudem die Reposition einer dislozierten, künstlichen, intraokularen Linse erwiesen, sofern die anatomischen Voraussetzungen ein solches Vorgehen zulassen.

## Abstract

**Objective:** To investigate the reasons for aphakia in modern time and to compare the therapeutic options.

**Methods:** In this retrospective study we analyse the reasons for aphakia in patients who underwent secondary intraocular lens implantation in the past 6 years. From 2002 till 2007 a total of 105 aphakic patients (110 eyes) were treated at the Universitätsaugenklinik Marburg either by secondary lens implantation or lens repositioning. Our collective included 72 men and 38 women with an average age of 63 (range 6 to 92 years). In order to quantify and compare the various surgical techniques we collected data concerning pre- and postoperative visual acuity and refraction, pre- and postoperative intraocular pressure, complication rates and postoperative patients' assessment.

**Results:** The most frequent reason for aphakia with a share of 62% (68 eyes) is the dislocation of the lens because of trauma (40%), idiopathic lens dislocation (34%), PEX-Syndrome (12%), Zonulolysis (6%) and Marfan's syndrome (6%). With a share of 32% (35 eyes) the second most common reason for aphakia is an iatrogenic aphakia, a surgical consequence, for example an unsuccessful cataract surgery. Paediatric cataract is with a share of 6% (7 eyes) a rather rare reason for aphakia.

89% of all aphakic patients were treated with a secondary intraocular lens implantation. 11% underwent a lens repositioning. The most frequently used lens was a sutured posterior chamber lens (35%), followed by the retropupillar-invers implanted iris-fixated posterior chamber lens (32%) and the sulcus-fixated lens (22%). A change of trend could be observed: While the retropupillar-invers implanted iris-fixated lens increased percental and in absolute numbers until they were used in almost 60% of all interventions in 2007, there was a decrease in numbers for the sutured posterior chamber lens as well as the sulcus-fixated lens.

With an average refraction-difference (postoperative refraction – target refraction) of - 0,41 dpt sulcus-fixated lens offers the most accurate results concerning postoperative refraction, closely followed by the iris-fixated lens with 0,42 dpt and the suture-fixated lens with - 0,59 dpt. In 28 out of the 97 eyes (29%) treated with lens implantation we observed a divergence from the target-refraction > 1 dpt.

The biggest difference between pre-and postoperative cylindrical equivalent occurred in the lens-reposition-group with an average postoperative astigmatism of - 1,35. The

differences in the other groups were comparatively smaller: - 0,89 dpt for the iris-fixated lens, - 0,38 dpt for the suture-fixated lens and - 1,1 dpt for the sulcus-fixated lens.

After implantation of the iris-fixated posterior chamber lens 71% of all patients showed an increase in visual acuity. In this same group we detected the highest increase in visual acuity of all lens types with an average of 0,16 ( $\pm$  0,22) three months after surgery. With the sutured posterior chamber lens 63% of all patients achieved an increase in visual acuity. In the groups with the sulcus-fixated lens and the lens repositionings we detected an increase in 58% of all patients in each group.

In 55 of the 110 operations there occurred no complications at all. Also most of the observed complications were minor and/or transient. The most common complication was deviation of the intraocular pressure and we also observed cases with pupil-distortion, lens dislocation and uneven descemet-membrane. With a total of only 25% complications the lens-repositioning is the method with the smallest complication rate.

The statistic evaluation using a variance analysis showed no significant differences concerning postoperative visual acuity and refraction results between the four therapeutic groups.

**Conclusions:** This study indicates that all three lens types are effective and equivalent options for the treatment of aphakia. For the right choice of lens type preoperative ophthalmologic findings should be taken into account. Repositioning and refixation of an intraocular lens is an equally safe and effective method for treatment of aphakia if the anatomic situation is sufficient.

# 1. Einleitung

Die Sehkraft ist einer der wichtigsten Sinne des Menschen und auch ein lediglich partieller Verlust dieser führt für den Betroffenen zu wesentlichen Einschränkungen im Alltag. Aphake, also linsenlose Patienten sind auf optische Hilfsmittel wie (Star-) Brille oder Kontaktlinsen angewiesen, ohne die sie nicht scharf sehen können. Als besonders unangenehm und gravierend wird ein solcher Zustand von Patienten empfunden, die unerwartet ihre Linse und damit einen Großteil ihrer Sehkraft verlieren.

Um diese Patienten optisch zu rehabilitieren ist es zunächst einmal erforderlich die Gründe, die zu einer Linsenlosigkeit führen zu untersuchen, um diesen entgegen wirken zu können bzw. die entstandene Aphakie adäquat zu behandeln.

Bis vor etwa 50 Jahren war der häufigste Grund für eine Linsenlosigkeit der Zustand nach einer Kataraktoperation bei der senilen Linsentrübung (Grauer Star). Die Therapie des Grauen Stars bestand damals noch in der kompletten Entfernung der eingetrübten Linse und nachfolgender Versorgung des Refraktionsdefizites mit einer Starbrille, die die Brechkraft der fehlenden, eigenen Linse ersetzen sollte. Durch ihre hohe Brechkraft führt die Starbrille allerdings zu Gesichtsfeldeinschränkungen. Mit der Erfindung der Kontaktlinsen entstand dann eine Alternative zur Starbrille, die einen größeren Tragekomfort und ein besseres kosmetisches Ergebnis lieferte. Kontaktlinsen minimieren zwar die Nachteile einer Starbrille, bereiten aber den meist älteren Patienten Schwierigkeiten in der Handhabung. Nach wie vor bleiben die Betroffenen zudem linsenlos und damit abhängig von einer Sehhilfe.

Heutzutage wird bei Kataraktoperationen nur das eingetrübte Linseninnere abgesaugt und durch eine künstliche Linse ersetzt, die in die verbleibende Außenhülle, den Kapselsack, implantiert wird. Das Linsenimplantat wird also genau an die Stelle gesetzt, an der vorher die natürliche Linse saß. Eine solche Kunstlinse kann die natürliche Linse funktionell weitgehend ersetzen, die Möglichkeit zur Akkommodation geht allerdings verloren, da die meisten Linsen monofokal sind. Mit der Entwicklung multifokaler Intraokularlinsen wird versucht diesen Nachteil auszugleichen.

Dieses nun seit über 50 Jahren existierende Verfahren der modernen Kataraktchirurgie hat sich sehr bewährt, da es den Patienten ein visuelles Ergebnis bietet, dass dem physiologischen Sehen sehr nahe kommt. Die Betroffenen können nach der Operation

auch ohne Brille oder Kontaktlinsen gut sehen und benötigen meist lediglich eine Lesebrille für die Naharbeit.

Trotzdem gibt es auch heute noch Patienten, die aus unterschiedlichen Gründen an einer Linsenlosigkeit leiden. Um herauszufinden, welche Ursachen dieser Tatsache zugrunde liegen und wie deren Verteilung aussieht, werden aphake Patienten, die in der Augenklinik der Philipps-Universität Marburg (UAM) in den Jahren 2002-2007 behandelt wurden, anhand einer Auswertung der Krankenakten retrospektiv untersucht. Die Betroffenen unterzogen sich entweder einer sekundären Linsenimplantation (Einsetzen einer Kunstlinse nach einiger Zeit der Aphakie) oder einer Linsenrepositionierung (erneute Befestigung einer künstlichen, intraokularen Linse, die disloziert ist).

Neben der Ätiologie der Linsenlosigkeit sind für den Arzt die zu Verfügung stehenden Therapieoptionen von ganz entscheidendem Interesse. Welche Therapiestrategien zurzeit angewendet werden und wie die jeweiligen Behandlungsergebnisse sind, ist deshalb ebenfalls Bestandteil dieser Arbeit.

Anhand der von uns gesammelten Daten zu den durchgeführten Interventionen soll analysiert werden, wann welche Therapie zum Einsatz kommt und mit welchem Resultat. Abhängig vom präoperativen Befund des Auges kommen verschiedene Typen von implantierbaren, intraokularen Linsen (IOL) in Betracht. Liegt eine Linsendislokation vor, kann der Patient eventuell auch durch eine Refixation der IOL erfolgreich behandelt werden. Des Weiteren wird analysiert mit welcher Therapie man die bestmögliche Sehschärfe erzielt und bei welcher Behandlung die Patientenzufriedenheit am höchsten ist.

Ziel dieser Arbeit ist es, die Gründe für Aphakie in der heutigen Zeit zu analysieren und zu untersuchen, welche Therapie bei bestehender Linsenlosigkeit am effektivsten ist. Grundsätzlich vertreten wir an der UAM die Meinung, dass eine Aphakie operativ behandelt werden sollte. Wie unsere Ergebnisse zeigen, ist die sekundäre Linsenimplantation eine sichere und gute Methode zur Aphakie-Korrektur. Gleiches gilt für die Repositionen von luxierten Intraokularlinsen. Die Auswertung unserer Ergebnisse am Ende der Arbeit soll zeigen, ob die verschiedenen Therapien bezüglich ihrer Resultate gleichwertig sind und welche Vor- und Nachteile die unterschiedlichen Behandlungsmethoden besitzen.

## 2. Die natürliche Linse

### 2.1. Anatomie und Physiologie

Sonographisch gemessen hat der menschliche Bulbus oculi (Augapfel) eine Länge von durchschnittlich 22,5 mm.<sup>1</sup> Das Auge kann in einen Vorderabschnitt und einen Hinterabschnitt unterteilt werden: Zum vorderen Augenabschnitt gehören Konjunktiva (Bindehaut), Cornea (Hornhaut), Iris und Linsenvorderfläche. Den hinteren Augenabschnitt bilden Linsenhinterfläche, Glaskörper, Retina (Netzhaut) und Aderhaut (zwischen Sklera und Netzhaut).

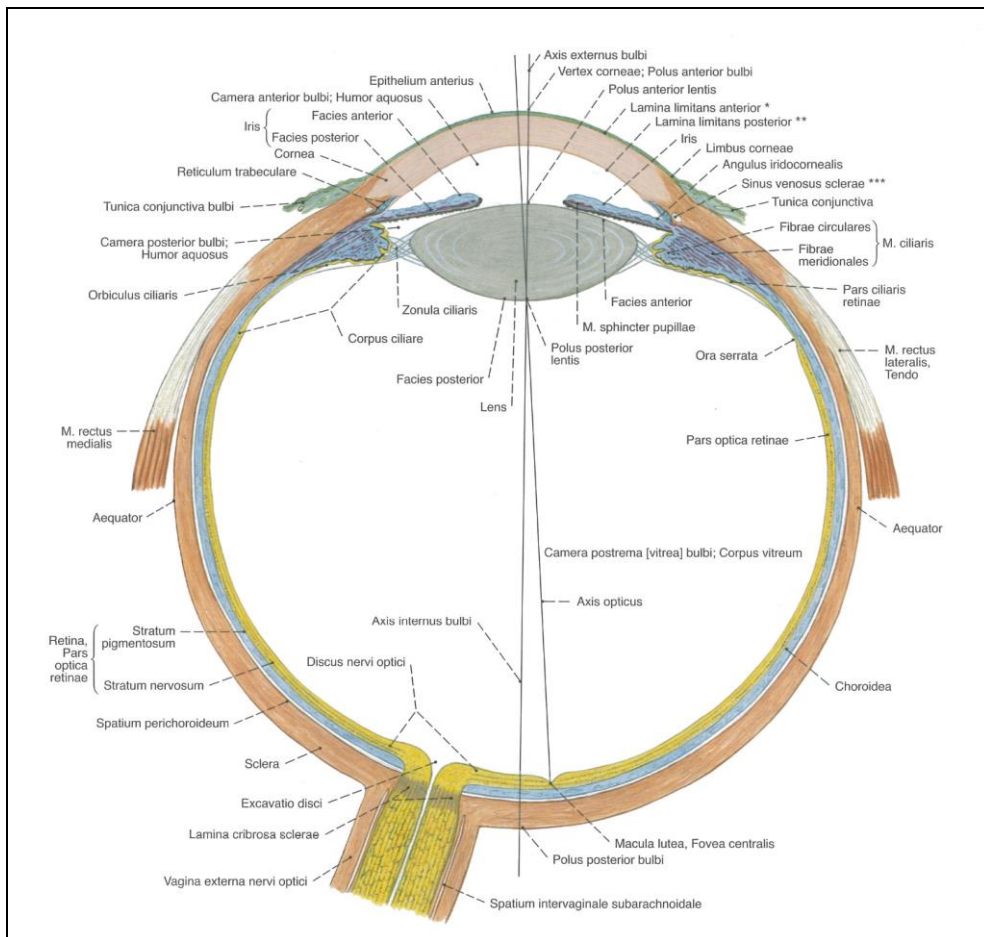


Abbildung 1: Anatomie des Auges.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Vgl. Grehn (2008), S. 3.

<sup>2</sup> Putz/ Pabst (2004), S. 366.

Das Auge besitzt zur Fokussierung der einfallenden Lichtstrahlen auf der Netzhaut eine Gesamtbrechkraft (Refraktion) von ungefähr 62 dpt, wovon ca. 42 dpt und damit der größte Anteil, von der Hornhaut beigesteuert wird, die verbleibenden 20 dpt werden von der Linse erbracht.

Die Linse (lens) des menschlichen Auges befindet sich zwischen Iris und Glaskörper, direkt hinter der Pupille. Sie ist mit Hilfe der Zonulafasern am Ziliarkörper befestigt. Der Linsen-Durchmesser beträgt beim Erwachsenen 10-12 mm (beim Kind nur ca. 7 mm)<sup>3</sup> bei einer Dicke von 2-5 mm. Mit einem Proteingehalt von 35% besteht die Linse zum Großteil aus Eiweiß.<sup>4</sup> Durch die regelmäßige räumliche Anordnung der Proteine ist die Linse transparent und besitzt eine bikonvexe Form, wobei die Hinterfläche etwas stärker gekrümmt ist als die vordere. Sie gehört mit einer Brechkraft von 15-20 Dioptrien (dpt)<sup>5</sup> zum refraktiven (Licht brechenden) System des Auges, wobei sich dieser Wert auf das emmetrope, normalsichtige Auge bezieht. Durch die Änderung der Linsenwölbung kann die Brechkraft so angepasst werden, dass man sowohl Gegenstände in der Ferne, als auch in der Nähe scharf sehen kann. Diesen Vorgang bezeichnet man als Akkommodation. Möchte man einen Gegenstand aus der Nähe betrachten kontrahieren die Mm. ciliarii, die Zonulafasern entspannen sich und die Linse wird aufgrund ihrer Eigenelastizität runder, das heißt ihre Brechkraft nimmt zu. Beim Blick in die Ferne entspannen sich hingegen die Ziliarmuskeln, die Zonulafasern spannen sich und die Linse wird flacher, was in einer geringeren Brechkraft resultiert. Die Akkommodationsbreite ist abhängig von Alter und Elastizität der Linse und beträgt 0-14 dpt.<sup>6</sup>

Die wichtigste Funktion der Linse ist, gemeinsam mit der Hornhaut, die Bündelung der einfallenden Lichtstrahlen, um eine scharfe Abbildung der Bilder auf der Netzhaut zu ermöglichen.

Die Linse selbst enthält weder Nerven noch Gefäße und wird vom Kammerwasser ernährt. Sie setzt sich zusammen aus Kapsel, Rinde und Kern: Rinde und Kern bestehen aus Linsenfasern, welche vom einschichtigen Linsenepithel an der Vorderseite der Linsenkapsel produziert werden. Die neu gebildeten Fasern legen sich dabei zwiebel-schalenähnlich an die bereits bestehenden Fasern an, welche durch Wasserabgabe zum dichteren und härteren Kern werden. Diesen Vorgang nennt man appositionelles

---

<sup>3</sup> Vgl. Sachsenweger (2003), S. 146.

<sup>4</sup> Vgl. Kanski (2004), S. 147.

<sup>5</sup> Vgl. Sachsenweger (2003), S. 147.

<sup>6</sup> Vgl. Sachsenweger (2003), S. 335.



Wachstum und er findet ein Leben lang statt. Durch die ständige Faserverdichtung, sowie die Abnahme des Wassergehaltes verliert die Linse im Alter ihre Elastizität. Es kommt zur so genannten Presbiopie (Alterssichtigkeit) mit verringerter Akkommodationsbreite.

## **2.2. Embryologie**

Die Linse entwickelt sich aus einer Verdickung des Hautektoderms, der so genannten Linsenplatte oder Linsenplakode, oberhalb des neuroektodermalen Augenbläschens, welches sich seinerseits zum Augenbecher weiterentwickelt. Etwa in der 3.-5. embryonalen Lebenswoche löst sich diese Platte vom Hautektoderm und entwickelt sich zu einer Linsenblase.<sup>7</sup> Eine vorwachsende Mesodermsschicht, die Anlage des Irisvorderblatts und der Hornhaut, schiebt sich zwischen die Linsenanlage und das Ektoderm. Die Linsenblasenwand besteht aus Epithelzellen, welche eine strukturlose Kutikularhülle bilden, die spätere Linsenkapsel. Sie ist die Basalmembran des Linsenepithels. Zellen vor allem des hinteren Linsenepithels wandeln sich zu Linsenfasern um, die das Innere der Linsenblase ausfüllen.<sup>8</sup>

---

<sup>7</sup> Vgl. Sadler et al. (2003), S. 368.

<sup>8</sup> Vgl. Kanski (2004), S. 146.

### **3. Aphakie (Linsenlosigkeit)**

#### **3.1. Definition**

Unter Aphakie versteht man „das Fehlen der Linse im Auge“.<sup>9</sup> Eine solche Linsenlosigkeit kann angeboren (seltene Augenfehlbildung) oder aber durch eine Operation bzw. ein Trauma erworben sein.

Klinisch äußert sich die Aphakie durch eine tiefe vordere Augenkammer, Iridodonesis (Irisschlottern) und eine tiefschwarze Pupille. Die betroffenen Patienten leiden unter einer Hyperopie (Weitsichtigkeit) von +12 bis +14 dpt, da ihnen durch das Fehlen der Linse eines der beiden wichtigsten Licht brechenden Medien des Auges fehlt.

#### **3.2. Ursachen**

Die Analyse der Ursachen für Aphakie in der heutigen Zeit ist ein wichtiger Bestandteil dieser Arbeit. Der folgende Text enthält zunächst nur eine allgemeine Übersicht über die möglichen Gründe für eine Aphakie, deren Verteilung und Wertigkeit über die letzten Jahre später, anhand der erhobenen Daten, erörtert werden.

##### **3.2.1. Ophthalmologische Operationen, iatrogene Faktoren**

Der häufigste Grund für eine Aphakie war früher die Katarakt-Operation bei Patienten mit Grauem Star. War die Linse einmal trüb geworden, wurde sie komplett und ersatzlos entfernt, da noch keine Kunstlinsen zur intraokularen Implantation zur Verfügung standen.

Bei der so genannten intrakapsulären Kataraktextraktion (ICCE) wird die Linse komplett, d.h. inklusive ihrer Kapsel entfernt. Über einen breiten korneoskleralen Schnitt wird die Linse mit Hilfe einer Kryosonde angefroren und aus dem Auge gezogen. Der Halteapparat der Linse wird dabei zerstört.

Dieses Verfahren wurde mittlerweile weitgehend zugunsten der extrakapsulären Linsenextraktion (ECCE) verlassen, bei der lediglich Linsenkern und -rinde entfernt werden, nicht aber die Kapsel, da man die Linsenkapsel und den Halteapparat gut zur Fixierung einer Kunstlinse verwenden kann. Heute werden über einen kleineren, korneo-

---

<sup>9</sup> Pschyrembel (2002), S. 102.

skleralen Schnitt Linsenkern und -rinde mittels Ultraschall zertrümmert und anschließend abgesaugt (Phakoemulsifikation). Die Kunstlinse wird in den verbleibenden Kapselsack implantiert („in-the-bag“), dessen Vorderseite zuvor mit einer kleinen, runden Öffnung (Kapsulorhexis) versehen wurde. Die Verwendung von faltbaren Linsen erlaubt die Linsenoperation über sehr kleine Schnitte.

Lediglich in Ausnahmesituationen, wenn z.B. die Zonulafasern gelockert oder gar abgerissen sind, wird noch eine intrakapsuläre Kataraktextraktion durchgeführt. In ärmeren Ländern ist die ICCE hingegen nach wie vor anzutreffen, da dieses Verfahren wesentlich kostengünstiger und schneller durchzuführen ist als die technisch anspruchsvollere extrakapsuläre Operation mit anschließender Implantation einer Linse in den Kapselsack. Sowohl die Geräte, die man für die Biometrie (Berechnung der benötigten Linsenbrechkraft) und die extrakapsuläre Linsenextraktion benötigt, als auch die künstlichen, intraokularen Linsen, die man einsetzt, kosten viel Geld, so dass das Verfahren in Entwicklungsländern nicht standardmäßig durchgeführt werden kann. Gerade bei Patienten aus dem (ärmeren) Ausland ist somit die intrakapsuläre Kataraktextraktion als Ursache für eine Aphakie auch heute noch aktuell.

Eine weitere Ursache für Linsenlosigkeit sind Operationskomplikationen, u.a. zum Beispiel bei komplizierten Kataraktoperationen mit ausgedehnten Kapseldefekten oder einer intraoperativ aufgetretenen Zonulolyse. Tritt eine Verletzung der hinteren Kapsel oder eine Insuffizienz der Zonulafasern ein, kann unter Umständen keine klassische („in-the-bag“) Hinterkammerlinse mehr implantiert werden. Anhand des intraoperativen Befundes muss der Operateur dann entscheiden, ob es möglich ist in einer Sitzung eine anders befestigte Intraokularlinse zu implantieren oder ob der Patient zunächst aphak bleibt und sich eventuell später, nach einer Beratung sowie einer Abheilungsphase, einer sekundären IOL-Implantation unterzieht.

Die Ruptur der hinteren Linsenkapsel ist die häufigste Komplikation bei Kataraktoperationen mit Phakoemulsifikations-Technik.<sup>10</sup> Kommt es im Rahmen einer solchen Kapselruptur zu einem signifikanten Verlust von Linsenmaterial in den Glaskörper, sollte die Intraokularlinsen-Implantation zu einem späteren Zeitpunkt erfolgen, da zunächst einmal die Linsenstücke geborgen werden müssen. Für die dazu meist nötige Pars-plana Vitrektomie benötigt man einen guten Funduseinblick, der durch eine Linse behindert werden könnte. Es müssen möglichst alle Linsenteile geborgen werden, da es sonst zur Ausbildung eines so genannten phakolytischen Glaukoms kommen kann. Durch

---

<sup>10</sup> Vgl. Desai (1993).

die Linsenproteine selbst, aber auch durch Makrophagen, die diese Linsenproteine phagozytiert haben, wird der Kammerwinkel verlegt und es kommt zur okulären Hypertonie, da das Kammerwasser nicht mehr in ausreichendem Maße abfließen kann.<sup>11</sup>

Wird eine künstliche Linse nicht korrekt implantiert oder lockern sich die Zonulafasern, kann sie intra- oder postoperativ verrutschen und in den Glaskörperraum dislozieren. So ist z.B. das Risiko einer IOL-Dislokation bei Z.n. intraoperativer Kapselruptur erhöht.<sup>12</sup> Zusätzlich zur entstandenen optischen Aphakie kann dies zu Glaskörperblutungen, Netzhautablösungen oder einem chronischen Makulaödem führen und ist somit eine seltene, aber ernste Komplikation. Gelegentlich ist nach der Linsenbergung eine Refixation oder ein erneuter Implantationsversuch erfolgreich, bei unübersichtlichen Verhältnissen kann es aber auch sinnvoll sein den Patienten (vorübergehend) aphak zu belassen, um den Befund zunächst abheilen zu lassen.

Kommt es (nach einem operativen Eingriff am Auge) zu einer Komplikation wie einer Glaskörperblutung, einem Glaskörperprolaps oder einer Pseudophakieablatio (Netzhautablösung nach IOL-Implantation), welche eine Intervention im Sinne einer Pars plana Vitrektomie erfordert, muss die Linse gelegentlich entfernt werden, um eine vollständige Glaskörperentfernung zu ermöglichen.

Tritt postoperativ eine Endophthalmitis auf, kann zunächst eine medikamentöse Therapie versucht werden. Ist diese jedoch nicht erfolgreich, kann eine Lentektomie (Linsenentfernung) bzw. IOL-Explantation erforderlich sein, um die Erregerquelle zu beseitigen und so das Auge zu retten.

Ein weiterer Grund für eine iatrogene Aphakie sind perforierende Verletzungen. Hier kann es erforderlich sein die Linse komplett zu entfernen, um therapeutische Interventionen am hinteren Augenabschnitt, insbesondere bei unübersichtlichen Verhältnissen, durchführen zu können, z.B. eine Netzhaut-Anlage sicherzustellen.

### **3.2.2. Subluxation / Luxation der Linse**

Bei der Ectopia lentis, also einer Verlagerung der Linse aus ihrer normalen Position in der optischen Achse, werden zwei Schweregrade unterschieden: Bei der Subluxatio

---

<sup>11</sup> Vgl. Augustin (2001), S. 302.

<sup>12</sup> Vgl. Onal et al. (2004).

lentis sind die Zonulafasern lediglich gelockert oder teilweise zerstört, so dass die Linse partiell verlagert ist. Bei der Luxatio lentis ist der Halteapparat der Linse komplett zerstört und die Linse befindet sich nicht mehr hinter der Pupille, der Patient ist optisch aphak.

Klinisch macht sich eine Subluxation / Luxation durch eine Iridodonesis und eine in Mydriasis möglicherweise sichtbare Linsenkante bemerkbar. Der Betroffene leidet bei einer Subluxation unter Umständen an monokularen Doppelbildern, da eine Abbildung auf der Netzhaut durch die dezentrierte Linse und eine weitere durch den linsenlosen Anteil der Pupille entsteht. Außerdem kann es durch die Linsenkipfung zu einem lenticulären Astigmatismus kommen.<sup>13</sup>

Bei einer vollständigen Luxation kommt es durch den großen Brechkraftverlust des Auges zu einer starken Visuseinschränkung. Zu den Komplikationen einer Subluxatio/Luxatio lentis gehören eine Linsen-induzierte Uveitis und ein akutes (sekundäres) Winkelblock-Glaukom (sehr hoher Augeninnendruck). Letzteres entsteht, wenn die Linse sich in der Pupille verklemmt oder bei einer Luxation in die Vorderkammer gespült wird und damit den Kammerwasserabfluss behindert.

Man kann die Ursachen, die zu einer solchen Linsenverlagerung führen in zwei Gruppen einteilen: die erworbene und die angeborene Subluxation / Luxation.

Zu den erworbenen Formen zählt die traumatische Subluxatio / Luxatio, bei der im Wesentlichen zwei Unfallmechanismen unterschieden werden. Es gibt zum einen die penetrierende bzw. perforierende Verletzung, bei der ein scharfer oder spitzer Gegenstand die Bulbuswand an einer Stelle durchdringt und eventuell ein Fremdkörper im Auge zurück bleibt. Bei diesem Unfallmechanismus können neben allen anderen wichtigen Strukturen des Auges sowohl der Halteapparat als auch die Linse selbst (irreversibel) geschädigt und/oder dezentriert werden. Außerdem muss mit einem intraokularen Druckabfall gerechnet werden. Perforierende Verletzungen entstehen unter anderem durch Splitter beim handwerklichen Arbeiten oder durch spitze Gegenstände wie Scheren und Messer.

Zum anderen gibt es die so genannte Augenprellung (Contusio bulbi), die durch den Aufprall eines stumpfen Objektes auf den Bulbus zustande kommt. Dies kann ein Abreißen der Zonulafasern mit Dislokation der Linse in den Glaskörper oder seltener in die Vorderkammer zur Folge haben und kann außerdem zu Schäden an anderen wichtigen Strukturen im Auge führen. Ist der Druck auf den Augapfel zu groß, steigt der

---

<sup>13</sup> Vgl. Kanski (2004), S. 668.

intraokularen Druck so akut massiv an, dass es zu einer Bulbusberstung, d.h. zu einer Ruptur der Bulbuswand kommen kann.<sup>14</sup> Eine Contusio bulbi kann u.a. durch Sportgeräte wie Bälle oder auch durch einen Sturz auf einen Gegenstand verursacht werden. Dislokationen nach Trauma gibt es sowohl bei der natürlichen Linse, als auch bei implantierten Intraokularlinsen. Häufig muss nach Verletzungen dieser Art ein vitreoretinaler Eingriff erfolgen, wobei zum Ausräumen der vorderen Glaskörperanteile eine vollständige Linsenentfernung erforderlich ist. Mögliche zusätzliche Verletzungen der Hornhaut, der Retina und anderer Strukturen des Auges erschweren die optische Rehabilitation und verhindern häufig zufriedenstellende Ergebnisse auch nach sekundärer Linsenimplantation.

Zu den angeborenen Ursachen einer Subluxation / Luxation zählen das Marfan-Syndrom und andere Erkrankungen, die mit einer Bindegewebsschwäche einhergehen, da sie den Halteapparat der Linse (die Zonulafasern) schwächen. Ebenfalls prädisponierend für eine Linsendislokation sind die Homozysteinurie und das Weill-Marchesani-Syndrom, beides extrem seltene Erkrankungen. Außerdem existiert eine isolierte, hereditäre (erbliche) Form der Subluxatio/Luxatio lentis.

Das Pseudoexfoliationssyndrom (PEX-Syndrom), bei dem sich extrazelluläres, fibrilläres Matrixmaterial auf der Linse, den Zonulafasern, der Iris und dem vorderen Glaskörper ablagert, kann, durch Schwächung der Zonulafasern, ebenfalls zu einer Verlagerung der Linse führen. Auch die (dauerhafte) Fixierung von Kunstlinsen wird durch die Ablagerungen erschwert. Grundsätzlich tritt das PEX-Syndrom gehäuft bei älteren Patienten auf und kann mit erhöhtem Augeninnendruck bzw. Glaukom einhergehen.<sup>15</sup> Das Auftreten einer maturen oder nukleären Katarakt wird begünstigt, während die Krankheit gleichzeitig mit einer erhöhten Komplikationsrate bei Kataraktoperation einhergeht. Es kommt intraoperativ häufiger zu Kapselrupturen, Zonulolysen und einem Anstieg des Augeninnendrucks. Und selbst wenn die Implantation einer Hinterkammerlinse zunächst erfolgreich war, besteht die Gefahr einer späten, spontanen Dislokation der Linse, ggf. inklusive des Kapselsackes.<sup>16</sup> Bei Patienten mit Pseudoexfoliationssyndrom und seniler Katarakt erfolgt deshalb neben der üblichen „in-the-bag“-Implantation häufiger auch der Einsatz einer Vorderkammerlinse oder einer Sulcus-, irisfixierten oder skleranahtfixierten Linse.

---

<sup>14</sup> Vgl. Thuman/ Bartz-Schmidt (2004).

<sup>15</sup> Vgl. Kanski (2004), S. 229, 231.

<sup>16</sup> Vgl. Höhn et al. (2004).

### 3.2.3. Kongenitale Katarakt

Ein weiterer, möglicher, wenn auch eher seltener Grund für eine Aphakie ist der Zustand nach einer Kataraktoperation bei kongenitaler Katarakt, also einer angeborenen Linsentrübung. Mit einer Inzidenz von „3 pro 10.000 Lebendgeburten“<sup>17</sup> handelt es sich um eine seltene Erkrankung, die meist als isolierte, hereditäre Form auftritt. Sie kann aber auch Teil eines Syndroms oder einer Entwicklungsstörung sein, sowie durch eine perinatale Infektion entstehen. In 2/3 der Fälle sind beide Augen betroffen. Die so genannte Kernkatarakt ist meist von Geburt an vorhanden und schreitet nicht fort, während die lamelläre Katarakt sich später entwickelt und häufig progressiv ist.<sup>18</sup>

Kindern, die an einer kongenitalen Katarakt leiden, muss früh, am besten noch im Säuglingsalter, die trübe Linse entfernt werden, um eine Stimulus-Deprivations-Amblyopie (Fehlsichtigkeit durch Mangel an sensorischen Reizen) zu vermeiden. Kommen nicht genügend Lichtreize auf der Netzhaut an, können sich weder die Retina noch die weiterleitenden Bahnen und die dazugehörigen Hirnareale (visueller Kortex) regulär entwickeln. Insbesondere bei einer einseitigen, kongenitalen Katarakt ist die Gefahr einer Amblyopie groß, was eine frühe Operation mit Entfernung der betroffenen Linse notwendig macht. Besteht eine beidseitige Katarakt kann abhängig von der Stärke der Trübung eventuell abgewartet werden, da hier weniger die Gefahr einer einseitigen, tiefen Amblyopie besteht.<sup>19</sup> Ist die Katarakt jedoch besonders dicht oder auf einer Seite stärker ausgeprägt, sollte eine frühzeitige Operation angestrebt werden.<sup>20</sup>

Bei Kindern unter 1-2 Jahren wird nach erfolgter Lentektomie zunächst meist auf die Implantation einer IOL verzichtet und das kindliche Refraktionsdefizit wird mit Hilfe von Kontaktlinsen ausgeglichen. Da das Auge des Kleinkindes sich noch im Wachstum befindet, ändert sich die benötigte Linsenbrechkraft ständig und macht eine genaue Berechnung äußerst schwierig, weshalb die Implantation einer intraokularen Linse auf einen späteren Zeitpunkt verschoben wird. Zunächst wird die Aphakie also mit einer Brille oder mit Kontaktlinsen versorgt. Nur wenn dies kontinuierlich geschieht kann die Entwicklung einer Amblyopie vermieden werden. Eine weitere Schwierigkeit der Therapie besteht bei einseitigem Auftreten der kongenitalen Katarakt. Hier muss nach er-

---

<sup>17</sup> Kanski (2004), S. 183.

<sup>18</sup> Vgl. Zetterström/ Kugelberg (2007).

<sup>19</sup> Vgl. Grehn (2006), S. 172.

<sup>20</sup> Vgl. Zetterström/ Kugelberg (2007).

folgter Operation eine (intermittierende) Okklusion (Abdeckung) des gesunden Auges erfolgen, um das erkrankte Auge zu trainieren.

Ab einem Alter von 1 Jahr aufwärts wird heutzutage dann die Aphakie durch die Implantation einer Kunstlinse behoben. Dies war aber bis vor einigen Jahren noch umstritten, weshalb es auch noch viele Jugendliche und Erwachsene gibt, die aufgrund einer kongenitalen Katarakt aphak sind.

### **3.3. Therapieoptionen**

Nachdem die Gründe für eine bestehende Linsenlosigkeit erläutert wurden, werden nun die verschiedenen Behandlungsmöglichkeiten zum Ausgleich des Refraktionsdefizits beschrieben.

#### **3.3.1. Starbrille**

Die Starbrille ist das wohl bekannteste und älteste Verfahren, um die nach der Linse-entfernung bestehende Hyperopie zu behandeln. Bei emmetropem, normal langem Auge wird hierfür eine Sammellinse mit ca. +12 dpt für die Ferne und ca. +15 dpt für Naharbeit benötigt. Mit der Starbrille sind allerdings einige, teils schwerwiegende, Nachteile für den Patienten verbunden. Zu erwähnen sind hier das kosmetische Erscheinungsbild und der geringe Tragekomfort durch das nicht unerhebliche Gewicht, das trotz moderner Brillengestelle und leichter Kunststoffgläser bis heute (in abgemilderter Form) besteht. Durch das Tragen der Brille kommt es zu (seitlichen) Gesichtsfeldeinschränkungen, die unter anderem beim Autofahren sehr lästig sein können. Durch die Wirkung der sehr starken Sammellinse können prismatische Verzerrungen entstehen.<sup>21</sup> Außerdem erscheinen die Gegenstände durch die Starbrille um rund 25% größer und damit näher. Besonders älteren Menschen fällt es schwer sich an diese veränderte Entfernungswahrnehmung zu gewöhnen. Aus diesem Grund ist die Starbrille auch ausschließlich bei bilateraler Aphakie einsetzbar, da sie bei unilateralem Gebrauch zu Anisometropie (unterschiedlich starker Brechkraft beider Augen) und Aniseikonie (ungleiche Abbildungsgröße eines Gegenstandes auf der Netzhaut) und damit zum Auftreten von Doppelbildern führt.

---

<sup>21</sup> Vgl. Lachenmayr et al. (1999).



Auch für Kinder ist die Brille nur sehr begrenzt einsetzbar, da Säuglinge und Kleinkinder eine Brille häufig nicht tolerieren und Kinder im fortbewegungsfähigen Alter diese leicht verlieren.

Aufgrund der oben aufgeführten Nachteile findet die Starbrille heutzutage kaum noch Verwendung, nämlich nur noch dann, wenn eine Implantation einer Intraokularlinse nicht möglich oder erwünscht ist und Kontaktlinsen nicht getragen werden.

### **3.3.2. Kontaktlinsen**

Eine weitere Möglichkeit zum Refraktionsausgleich bei Aphakie entwickelte sich ab 1888 mit der Erfindung der Kontaktlinse durch den Marburger Augenarzt Dr. Eugen Fick.<sup>22</sup> Die ersten Sehhilfen dieser Art waren aus Glas und konnten nur kurze Zeit im Auge verbleiben. Zu einem wirklichen Durchbruch kam es erst um 1946 mit der Verwendung von Kunststoffen, zunächst PMMA (Polymethylmethacrylat, Plexiglas) und später Cellulose-Aceto-Butyrat, die die Verträglichkeit wesentlich steigerten.<sup>23</sup>

Moderne Kontaktlinsen haben den Vorteil, dass sie auch bei einseitiger Linsenlosigkeit eingesetzt werden können, da die durch sie entstehende Aniseikonie wesentlich geringer ausgeprägt ist, als bei der Starbrille. Sie bilden also in natürlicher Größe ab und folgen dem Blick, so dass es keine seitlichen Einschränkungen des Blickfeldes gibt. Ein möglicherweise bestehender Astigmatismus (Hornhautverkrümmung) kann direkt mit behandelt werden und der Tragekomfort von Kontaktlinsen ist wesentlich höher als der einer Starbrille. Außerdem kann man mit ihnen gut Sport betreiben und sie beschlagen nicht. Das sehr gute kosmetische und optische Ergebnis machen die Kontaktlinsen zu einer von Patienten gut akzeptierten Therapiemöglichkeit zum Ausgleich des Refraktionsdefizits.

Nachteile von Kontaktlinsen sind eine eventuelle Hornhautschädigung durch ungeschicktes Wechseln, Abreibung oder Hypoxie, allergische Reaktionen auf das Kontaktlinsenmaterial selber oder die benötigten Reinigungsmittel, sowie Infektionen der Bindehaut (Konjunktivitis) und der Hornhaut (Keratitis) bei ungenügender oder insuffizienter Pflege.

Bei aphaken Kindern unter 2 Jahren sind Kontaktlinsen häufig die Therapie der ersten Wahl, da sie (meist) gut getragen werden und sie zudem gute Reaktionsmöglichkeiten auf die sich schnell verändernde Brechkraft des kindlichen Auges während des Wachs-

---

<sup>22</sup> Vgl. Efron/ Pearson (1988).

<sup>23</sup> Vgl. Cooper Vision (2008).

tums bieten.<sup>24</sup> Durch regelmäßige Anpassung der Kontaktlinsenstärke gemäß den Refraktionsveränderungen des kindlichen Auges kann eine Amblyopie meist verhindert werden. Voraussetzung hierfür ist allerdings eine gute Compliance der Eltern, die eine kontinuierliche Korrektur der Aphakie durch regelmäßiges Einsetzen der Kontaktlinsen sicherstellen müssen. Dies wird mit zunehmendem Alter und damit steigender Mobilität der Kinder schwieriger, da es häufiger zum Verlust der Kontaktlinsen kommt.

Ältere Patienten hingegen haben häufig Schwierigkeiten mit der Handhabung und Pflege von Kontaktlinsen. Eine Erleichterung können in solchen Fällen so genannte Dauertragelinsen bieten, die über einen längeren Zeitraum von bis zu 4 Wochen (Tag und Nacht) im Auge verbleiben.

Da aber bei der Mehrzahl der aphaken Patienten schon (multiple) Operationen am Auge durchgeführt wurden, ist das beschwerdefreie Tragen von Kontaktlinsen aufgrund entstandener Bindehautnarben und Veränderungen des Tränenfilms durch Verlust von Becherzellen in der Bindehaut meist nur vorübergehend möglich. Treten Beschwerden oder Unverträglichkeitsreaktionen auf, sollte dann ein intraokularer Refraktionsausgleich angestrebt werden.

### **3.3.3. Implantation einer intraokularen Linse**

Die modernste, konsequenteste Therapieoption zur Behandlung einer Aphakie ist die Implantation einer künstlichen Linse, einer so genannten intraokularen Linse (IOL), in das Auge. Ein solches Implantat ersetzt die Brechkraft der natürlichen Linse und übernimmt einen Großteil der mit der alten Linse verloren gegangenen Funktion.

Der größte Vorteil dieses operativen Vorgehens für den Patienten ist, dass er durch die zusätzliche Brechkraft wieder ohne Brille oder Kontaktlinsen sehen kann. Er ist nicht länger abhängig von Sehhilfen, die er pflegen und aktiv aufsetzen bzw. einsetzen muss. Das optisch-visuelle Ergebnis kommt dem ursprünglichen, natürlichen Sehen am nächsten. Da aber mit den Intraokularlinsen (noch) nicht akkommodiert werden kann, benötigen die Patienten nach der Operation meist eine Lesebrille für die Naharbeit.

Der Eingriff wird in der Regel in Vollnarkose, seltener in Lokalanästhesie durchgeführt und birgt wie alle Operationen allgemeine und individuelle Risiken, die es zu bedenken gilt.

---

<sup>24</sup> Vgl. Grehn (2006), S. 171.

Bei Kindern unter 2 Jahren ist eine exakte Vorausberechnung der Linsenbrechkraft aufgrund des Wachstums schwierig und deshalb sollte noch keine endgültige Intraokularlinse implantiert werden. Es ist aber zum Beispiel bei Kindern mit kongenitaler Katarakt möglich zwei Kunstlinsen (Huckepacklinsen) einzusetzen, von denen eine später wieder entfernt wird.

Näheres zu den verschiedenen Linsentypen und Implantationsmethoden wird in Kapitel 4 „Intraokulare Linsen“ beschrieben.

#### **3.3.4. Repositionierung / Refixation einer intraokularen Linse**

Handelt es sich um eine optische Aphakie durch Subluxation oder Luxation einer zuvor implantierten, intraokularen Linse bestehen verschiedene Behandlungsoptionen: Man kann die künstliche Linse explantieren, sie durch eine neue IOL mit anderer Haptik (Bügel) bzw. Befestigungsmodalität ersetzen oder man versucht, die vorhandene Linse in ihre ursprüngliche Position zu bringen und dort zu refixieren.

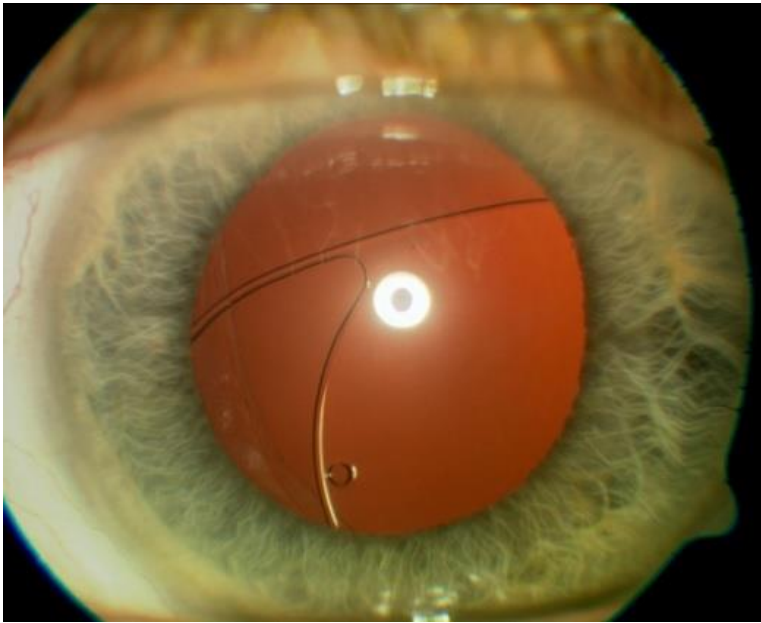
Da der Patient nach einer alleinigen IOL-Explantation wieder aphak wäre, ist dieses Vorgehen ultima ratio, also die Therapie, die man erst durchführen wird, wenn es keine Alternativen mehr gibt. Für einen Linsentausch entscheidet man sich, wenn der Patient mit der jetzt dislozierten IOL nicht zufrieden war, diese nicht die gewünschte Brechkraft im Auge erzielt oder sie sich nicht zur Refixation eignet. Wurde die Linse durch das Trauma, dass zur Luxation führte beschädigt, muss sie ebenfalls ersetzt werden. Für einen solchen Linsenaustausch eignen sich sowohl Vorderkammer- als auch Hinterkammerlinsen.

Konnte mit der „alten“, jetzt dislozierten Linse ein zufriedenstellendes, optisches Ergebnis erzielt werden und traten (abgesehen von der Dislokation) keine Komplikationen auf, ist eine Linsenrepositionierung und Refixation die Methode der Wahl. Dazu wird nach einer pars-plana Vitrektomie und Linsenbergung die Linse in den vorderen Augenabschnitt gebracht. Es folgt die Externalisierung der Haptiken (Bügel) zur Befestigung eines Fadens an der Linse. Mit Hilfe dieses Fadens wird dann die Linse durch eine Skleranaht in der gewünschten Position refixiert.

Der Eingriff ist relativ schnell und einfach durchzuführen und ein größerer Schnitt am Auge, den man zur Entfernung der relativ großen Optik (5-7 mm) benötigen würde, kann unterbleiben. So wird ein weiteres, ausgedehntes Endotheltrauma vermieden und das Risiko eines operativ-induzierten Astigmatismus minimiert, weshalb die Refixation

dem Linsenaustausch bei entsprechendem, präoperativen Befund im Auge vorgezogen werden sollte.<sup>25</sup> Die Ergebnisse bezüglich des Visus bei Linsenaustausch im Vergleich zu Linsenrefixation in der Literatur sind vergleichbar.<sup>26</sup>

Es handelt sich bei der Linsenrepositionierung und -refixation somit um eine sichere und ressourcen-sparende Alternative zum Linsenaustausch.



**Abbildung 2: Dislozierte Intraokularlinse.<sup>27</sup>**

---

<sup>25</sup> Vgl. Yarangumeli et al. (2012).

<sup>26</sup> Vgl. Sarrafizadeh et al. (2001).

<sup>27</sup> Quelle: Universitätsaugenklinik Marburg.

## 4. Intraokulare Linsen

### 4.1. Grundlagen

Jede Kunstlinse besteht aus einer Optik, dem zentralen, refraktiven (lichtbrechenden) Element und einer Haptik, meist einer Art Bügel, die zur Befestigung an den okulären Strukturen dient.

Je nach Befestigungsort der Linse im Auge unterscheidet man zwischen Vorderkammerlinsen und Hinterkammerlinsen. Eine Vorderkammerlinse wird zwischen Hornhaut und Iris platziert, eine Hinterkammerlinse sitzt zwischen Irisrückseite und Glaskörper. Es gibt mehrere Arten der Linsenfixierung in der Vorder- und Hinterkammer.

Des Weiteren differenziert man je nach verwendetem Material zwischen harten und weichen, intraokularen Linsen. Harte Kunstlinsen werden aus PMMA, einem glasähnlichen, thermoplastischen Kunststoff, hergestellt. Für die Insertion einer solchen Linse muss die korneosklerale Inzision (der Einschnitt an der Grenze zwischen Hornhaut und Bindehaut) mindestens so groß sein wie der Durchmesser der Optik.

Flexible IOLs sind faltbar und können durch kleinere, z.T. selbst schließende Inzisionen implantiert werden. Sie bestehen aus Silikon, Acryl, Hydrogel oder Collamer (einer Mischung aus Kollagen und Hydrogel).

Bei einer einstückigen „One-Piece“ Intraokularlinse sind Optik und Haptik aus demselben Material und haben demnach keine Verbindungsstellen. „Three-Piece“ Intraokularlinsen bestehen aus 3 Teilen mit Verbindungsstellen zwischen den verschiedenen Materialien von Optik und Haptik.

Seit ihrer Einführung wurden weltweit über 60 Millionen Katarakt- und Aphakie-Patienten mit Intraokularlinsen behandelt. Jedes Jahr werden rund 6 Millionen neue IOLs eingesetzt.<sup>28</sup>

### 4.2. Historischer Hintergrund

Sowohl im antiken Griechenland als auch bei den Römern gab es, Berichten zu Folge, schon erste Versuche den Grauen Star zu behandeln. Dabei wurde mit einer Nadel,

---

<sup>28</sup> Vgl. Kohnen et al. (2009).

die meist durch den Ziliarkörper in das Augennere eingestochen wurde, die trübe Linse in den Glaskörperraum nach hinten/unten disloziert. Durch diesen sogenannten „Starstich“ wurde zwar die Pupille und damit die optische Achse wieder frei, allerdings war die Methode mit erheblichen Risiken verbunden. Zu den Komplikationen zählten Infektionen und Entzündungsreaktionen durch freiwerdendes Linseneiweiß, was häufig zur völligen Erblindung führte.

Bis weit ins 17. Jahrhundert übten vor allem Bader und umherziehende Okulisten diese Art der Behandlung aus.<sup>29</sup> Die eigentliche Ursache der Katarakt war damals noch völlig unbekannt und zu den Behandlungsmethoden gehörten neben der oben erwähnten Linsenreklinatation auch „eine Unzahl von äußeren Mitteln, Wässern, Salben und Umschlägen“.<sup>30</sup>

Mitte des 18. Jahrhunderts wurde dann durch Jaques Daviel (1696-1762) erstmals eine Linse über einen Hornhautschnitt prolapiert und mit Hilfe eines kleinen Hakens aus dem Auge entfernt. Die Extraktion blieb allerdings, trotz vielversprechender Ergebnisse, bis ins 19. Jahrhundert sehr umstritten.

Durch die Weiterentwicklung des Verfahrens zur Linsenextraktion von Daviel kam es schließlich zu zwei Varianten: der intrakapsulären Linsenextraktion, bei welcher die Linsenkapsel mit entfernt wird, und der extrakapsulären Linsenextraktion, bei welcher die Kapsel im Auge verbleibt.

Unabhängig davon welches der beiden Verfahren man jedoch anwandte, die Ergebnisse bezüglich des postoperativen Visus waren vergleichbar: die Patienten waren aphak und benötigten nach der Operation für den Rest ihres Lebens eine Starbrille, ohne die sie aufgrund des Refraktionsdefizites nur sehr unscharf sehen konnten. Dennoch konnte durch Optimierung dieser Methode, insbesondere der Kryoextraktion, einem Großteil der Katarakt-Patienten komplikationsarm wieder zu einer gewissen Sehfähigkeit verholfen werden.

Ein großer Fortschritt gelang Sir Harold Ridley 1949 mit der ersten Implantation einer Kunstlinse in ein menschliches Auge, durch welche das oben geschilderte Problem der postoperativen Aphakie gelöst wurde.

Die erste Intraokularlinse bestand aus Plexiglas (PMMA), da Ridley bei Piloten des 2. Weltkriegs beobachtet hatte, dass ins Auge gelangte Cockpitsplitter aus diesem Mate-

---

<sup>29</sup> Vgl. Haeser (1971).

<sup>30</sup> Haeser (1971), S. 203.

rial sich intraokular relativ inert verhielten.<sup>31</sup> „Da noch keine Kenntnisse über die Berechnung der Intraokularlinsenstärke vorlagen, richtete sich seine Kalkulation nach den Dimensionen der natürlichen Linse...wodurch die erste implantierte Linse zu dick und zu stark brechend war.“<sup>32</sup> Trotz der hohen postoperativen Myopie war das Ergebnis dieser ersten Kunstlinsenimplantation durchaus viel versprechend und nachdem sich die Linse siebzehn Monate ohne nennenswerte Komplikationen im Auge befand, veröffentlichte Ridley die Ergebnisse seiner ersten Implantation.

Ridleys revolutionäre Erfindung wurde zunächst von Kollegen seiner Zeit angefochten, da noch niemand vor ihm versucht hatte ein Implantat in ein Auge zu platzieren und der Eingriff durchaus nicht komplikationslos war. Beobachtet wurden vor allem Entzündungsreaktionen und Luxationen der künstlichen Linsen.

Es gab aber auch Kollegen wie Edward Epstein und Cornelius Binkhorst, die die Vorteile dieser Methode erkannten und gemeinsam mit Ridley sowohl am Design als auch an der Implantationstechnik Modifikationen vornahmen. Diese ersten intraokularen Linsen waren so genannte Hinterkammerlinsen und wurden nach extrakapsulärer Kataraktextraktion in den Sulcus oder den Kapselsack eingebracht. Sie sind die Generation I der Intraokularlinsen nach Appel.

So wurde in den letzten 50 Jahren, durch ständige Weiterentwicklung der Kunstlinsen sowie der Methoden zur Entfernung der getrübten, eigenen Linse, die IOL-Implantation zu einem akzeptierten Standardverfahren, dessen Indikationsgebiet schon lange nicht mehr auf die reine Katarakt-Operation beschränkt ist.

### **4.3. Linsentypen**

Im Folgenden werden die derzeit gebräuchlichsten Linsentypen vorgestellt. Sie unterscheiden sich vor allem durch ihre intraokulare Befestigungsstrategie und damit in Form und Material voneinander.

#### **4.3.1. Vorderkammerlinsen**

Die ersten Vorderkammerlinsen, die II. Generation der Intraokularlinsen nach Appel, wurden in den 50er und 60er Jahren entwickelt. Sie werden vor die Iris gesetzt und stützen sich mit ihren Haptiken im Kammerwinkel ab.

---

<sup>31</sup> Vgl. Apple, D. J. (2004).

<sup>32</sup> Auffarth/ Apple (2001), S. 1017.

Probleme der frühen Vorderkammerlinsen waren die Biodegeneration der Nylonhaptiken, schlechte Herstellungstechniken, Residuen des Sterilisationsprozesses auf den Linsen und prinzipielle Designfehler, die oft einige Jahre nach dem operativen Eingriff „zu schwersten entzündlichen Reaktionen und Erosionen von Fixationselementen in uvealen Strukturen“<sup>33</sup> führten. In den 70er und 80er Jahren kam es noch einmal zu entscheidenden Weiter- und Neuentwicklungen vor allem in den Bereichen Herstellung und Material, durch die solche Schwierigkeiten weitgehend eliminiert wurden.

Allerdings konnte bis heute keine Möglichkeit gefunden werden das Auftreten einer Hornhautdekompensation in allen Fällen zu vermeiden. Es handelt sich um eine relativ häufige und gravierende Komplikation, die durch die unmittelbare Nähe der Vorderkammerlinse zum Hornhautendothel entsteht und dieses schädigt. Da eine derartige Reizung der Endothelzellen eine Eintrübung der Hornhaut zur Folge haben kann, ist es manchmal notwendig, die Linse wieder aus der Vorderkammer zu entfernen. Ein weiterer Nachteil dieser Linsenart ist, dass es durch die Haptiken zu Veränderungen des Kammerwinkels kommen kann. Das Kammerwasser kann nicht mehr in ausreichendem Maße abfließen und es entsteht ein sekundäres Glaukom (Anstieg des Augeninnendrucks). Besteht schon vor der geplanten Implantation eine Hornhautschädigung, eine flache Vorderkammer oder ein Glaukom ist dieser Linsentyp deshalb kontraindiziert.

Iris-gestützte Vorderkammerlinsen (Iris-Klauenlinsen) können sowohl am phaken Auge ein Refraktionsdefizit ausgleichen (Korrektur einer hohen Myopie), als auch im apha-ken Auge Anwendung finden. Durch diese Linsenart bleibt zwar der Kammerwinkel unversehrt, aber die Nähe zum Hornhautendothel und damit verbundene, mögliche Komplikationen bleiben.

Ein großer Vorteil von Vorderkammerlinsen ist, dass sie sowohl nach intrakapsulärer, als auch nach extrakapsulärer Kataraktextraktion verwendbar sind. Außerdem ist die Implantation schnell und einfach durchzuführen.

Da das Problem der Endothelschädigung auch bei den modernen Linsen noch besteht und das Auftreten von Kammerwinkelveränderungen bis heute nicht gänzlich vermieden werden kann, wird in der Universitäts-Augenklinik Marburg weitgehend auf die Implantation von Vorderkammerlinsen verzichtet. Hinterkammerlinsen sind im Vergleich, insbesondere im Langzeitverlauf, komplikationsärmer.<sup>34,35</sup> Die Vorderkammer-

---

<sup>33</sup> Auffarth/ Apple (2001), S. 1019.

<sup>34</sup> Vgl. Iqbal et al. (2009).



linse ist also nicht der Standard bei IOL-Implantationen, sondern bleibt speziellen Indikationen vorbehalten.

#### **4.3.2. Hinterkammerlinsen**

Es gibt verschiedene Fixationsmöglichkeiten für intraokulare Linsen, die in die Hinterkammer, also in den Bereich hinter Iris und Pupille implantiert werden. Da wäre zum einen die Linsenimplantation in den Kapselsack, die bei Standard-Katarakt-Operationen zum Einsatz kommt. Diese Befestigungsmethode ist sehr vorteilhaft, da die IOL an ihrer gewünschten Position im Auge sehr stabil sitzt und keinen direkten Kontakt zur Iris hat. Dann gibt es die Fixierung in den Sulcus ciliaris, d.h. die Kunstlinse befindet sich hinter der Iris, aber noch vor allen Linsen-Kapselblättern. Als weitere Möglichkeiten gibt es die skleranahtfixierte Sulcuslinse und die retropupillar implantierte Irisklauenlinse, die sich beide auch für eine Implantation eignen, wenn keine Kapselreste mehr zur Verfügung stehen. Die Art der IOL-Fixation richtet sich somit vor allem nach den anatomischen Strukturen, die zu einer möglichen Befestigung der Linse im Auge vorhanden sind, sowie nach der Erfahrung des Ophthalmochirurgen mit dem jeweiligen Linsentyp.

##### **4.3.2.1. Klassische Hinterkammerlinsen**

Die am häufigsten verwendete und bekannteste Hinterkammerlinse ist eine Weiterentwicklung der Ridley-Linse. Sie wird nach extrakapsulärer Kataraktextraktion in den verbleibenden Kapselsack implantiert, also genau an den Ort wo vorher die eigene, trüb gewordene Linse saß.

Ab ca. 1975 wurde eine Vielzahl an unterschiedlichen Hinterkammerlinsen-Designs entwickelt. Verschiedene Haptiken und verschiedene Materialien wurden angeboten und miteinander kombiniert. Für die Implantation setzte sich zunächst die harte, einstückige PMMA-Linse durch, die meist in den Sulcus implantiert wurde.

Mitte der 80er Jahre kamen dann die ersten weichen, flexiblen Linsen aus Silikon und Hydrogel auf den Markt, die den Vorteil hatten, faltbar zu sein. Sie konnten über kleine korneale bzw. korneosklerale Schnitte in den Sulcus implantiert werden. Dort kam es allerdings häufig zum so genannten „Windshield-Wiper oder Propellereffekt, d.h. die Linsen dislozierten, bewegten sich propellerartig an der Irisrückfläche und radierten

---

<sup>35</sup> Vgl. Hahn et al. (1992).

dabei das Pigmentepithelblatt der Iris ab“.<sup>36</sup> Diese Komplikation tritt insbesondere auf, wenn die Haptik zu klein gewählt ist. Durch Implantation in den Kapselsack konnte dieses Phänomen verhindert werden. Voraussetzung für die Lokalisation der Linse in den Kapselsack ist eine intakte, vordere Rhexis (rundliche Eröffnung des vorderen Kapselblattes) ohne Einriss, sowie eine Phakoemulsifikation (Ultraschallzertrümmerung und Absaugung des Linsenkerne) zur Entfernung der natürlichen Linse.

Mit zunehmender Verbreitung und Akzeptanz für die flexiblen Linsen kam es zu einer Trendwende in der Intraokularlinsen Chirurgie hin zu kleineren Schnitten (2-5 mm), da für die Implantation solcher faltbarer Linsen wesentlich kleinere Inzisionen benötigt werden. Der Eingriff ist dadurch weniger traumatisch, die Wahrscheinlichkeit eines operativ induzierten Astigmatismus sinkt und es ist eine schnellere, optische Rehabilitation möglich, da diese Schnitte nicht genäht werden müssen.<sup>37</sup> Inzwischen werden bei rund 90% aller Katarakt-Operationen faltbare IOLs verwendet.

Die ECCE mit anschließender Implantation einer Linse zur Behandlung des Grauen Stars gehört zu den am häufigsten am Menschen durchgeführten Operationen überhaupt und ist in den Industrienationen längst zum Standard geworden. Alleine in Deutschland werden jedes Jahr rund 650.000 Katarakt-Operationen durchgeführt.<sup>38</sup>

Bei Patienten mit einer Aphakie-Situation ist ein vollständig erhaltener Kapselsack aufgrund des Entstehungsmechanismus des Linsenverlustes eher die Ausnahme, weshalb man andere Fixationsmöglichkeiten für sekundäre IOL-Implantationen nutzen muss.

#### 4.3.2.2. Sulcusfixierte Linsen

Ist zumindest noch ein ausreichender Kapselrest vorhanden, bietet sich eine Linsenimplantation in den Sulcus ciliaris an. Der Sulcus ciliaris ist eine kleine Grube am Übergang der Irisrückseite auf den Ziliarkörper, der einen geeigneten Ort zum Abstützen der Haptiken darstellt. Die Kunstlinse wird damit unmittelbar hinter der Iris aufgespannt, benötigt aber Kapselreste, die sie von hinten stützen, um eine Dislokation in Richtung Glaskörper zu vermeiden.

---

<sup>36</sup> Auffarth/ Apple (2001), S. 1024.

<sup>37</sup> Vgl. Lundström et al. (2004), S. 1109.

<sup>38</sup> Vgl. Wolfram/ Pfeiffer (2012), S. 17.

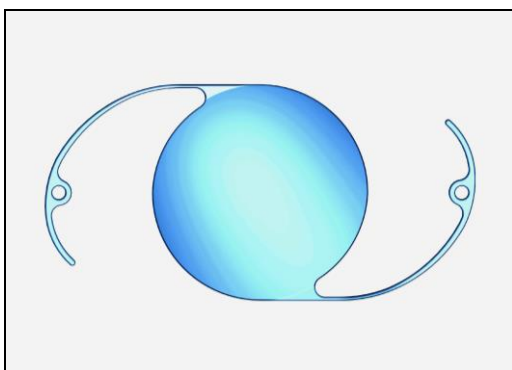
Damit die Linse fest im anatomisch 12-13 mm messenden Sulcus sitzt, benötigt man relativ große Linsen mit einer 6-7 mm Optik und einer 13-13,5 mm Haptik. Wählt man eine zu kleine Linse bzw. eine zu kleine Haptik, die nicht auf Spannung im Sulcus sitzt, kann es zu einer Dislokation kommen.

An der UAM wurden im Beobachtungszeitraum zum einen Sulcuslinsen vom Typ AcriLyc 51N der Firma AcriTec mit einer 5° Haptik-Neigung nach vorne und einer A-Konstanten (Korrektur-Konstante für den jeweiligen Linsentyp zur Ermittlung der erforderlichen Linsenstärke) von 118 verwendet (siehe Abbildung 3). Die AcriLyc 51N ist eine faltbare, dreiteilige IOL mit einer Acrylat-Optik und Monofilament-Haptik.



**Abbildung 3: Sulcuslinse AcriLyc 51N<sup>®</sup>, AcriTec.<sup>39</sup>**

Die zweite, etwas häufiger verwendete Linse war die Morcher Linse Typ 66 aus PMMA mit einer Haptik-Neigung von 5° nach vorne und einer A-Konstanten von 118,1 (antizipierte Vorderkammertiefe 5,02 mm) bzw. 119 (antizipierte Vorderkammertiefe 5,55 mm) der Firma Morcher (siehe Abbildung 4).



**Abbildung 4: Nahtfixierte Linse Morcher Typ 66<sup>®</sup>.<sup>40</sup>**

<sup>39</sup> Quelle: AcriTec GmbH (2008).

<sup>40</sup> Quelle: Morcher GmbH (2008).

Für den Einsatz einer solchen starren PMMA-Linse spricht, dass sie im Vergleich zu faltbaren Linsen eine größere Stabilität im Sulcus gewährleistet.

Um eine Linse mit so großer Optik implantieren zu können benötigt man dementsprechend große, korneale bzw. korneosklerale Schnitte. Dies trifft im Besonderen auf die PMMA-Linsen zu. Die Nachteile solch großer Schnitte sind eventuell auftretende Leckagen mit konsekutiven Wundheilungsstörungen, dass häufig eine Naht erforderlich ist, um die Wunde zu verschließen und die erhöhte Gefahr eines operativ induzierten Astigmatismus.

Die Implantation einer sulcusfixierten Linse ist relativ schnell und einfach durchzuführen, da bereits vorhandene anatomische Strukturen die Linse in der gewünschten Position halten. Es handelt sich also insgesamt um einen relativ atraumatischen Eingriff. Sofern hintere Kapsel und/oder vordere Glaskörper-Grenzschicht noch intakt sind, kann auf eine Vitrektomie verzichtet werden. Dies wiederum bedeutet geringere Komplikationen durch weniger Glaskörper-Traktionen, weniger Foramina (Netzhautrisse) und weniger Netzhautablösungen.

Besondere Aufmerksamkeit muss der Entfernung sämtlichen Linsenmaterials aus der Kapsel gewidmet werden. Gelingt dies nicht, kann es zu einer vermehrten Nachstarentwicklung und/oder zu einer Phakolyse mit entzündlichen Reaktionen und sekundärem Glaukom kommen. Zudem muss man die Kapselreste auf ausreichende Eignung prüfen, da bei zu kleinem oder instabilem Kapselrest eine Linsendislokation in den Glaskörper droht.

Ein weiterer Vorteil der Sulcus-gestützten Intraokularlinsen ist die verhältnismäßig einfache Austauschbarkeit bei Problemen oder Fehlberechnungen.

#### 4.3.2.3. Skleranahtfixierte Linsen

Hat man keine Kapselreste mehr zur Verfügung, an denen man eine Linse befestigen könnte, kommen für den Hinterkammerbereich zwei weitere Linsentypen in Frage: die skleranahtfixierte Linse oder die invers retropupillar irisfixierte IOL. Beiden Linsentypen ist gemeinsam, dass zumindest eine vordere Vitrektomie erfolgen muss, bevor die jeweilige Linse implantiert wird.

Die skleranahtfixierte Linse wird ebenfalls in den Sulcus ciliaris platziert und dort durch eine Skleranaht mittels eines 10/0 Prolenefadens gehalten. Die Naht ersetzt dabei den

fehlenden Halt durch Kapselreste und verhindert ein Dislozieren der Intraokularlinse aus der gewünschten Position. Um Bindehaut-Arrosionen zu vermeiden, sollte der verwendete Faden unter einem Skleradeckel versenkt werden.

Eine mögliche Operationstechnik zum Einbringen der Naht in die Sklera findet von intraokulär mit Hilfe einer langen Spezialnadel statt. Ein Nachteil dieser Technik ist die mangelnde Sicht auf die Einstichstelle, die hinter der Iris liegt. Dieses Problem lässt sich durch eine Technik zur Fixierung ab externo, also von außen, beheben.<sup>41</sup> Der 10/0 Prolenefaden wird dazu retrograd in eine Kanüle eingefädelt, die anschließend von außen über dem Sulcus (ca. 1,5 mm lateral des Limbus corneae) eingestochen wird. Der Faden wird dann mit Hilfe einer Pinzette über einen skleralen Tunnel nach außen geführt und dient der Fixierung der IOL.<sup>42</sup> Dieses Verfahren ermöglicht durch die guten Sichtverhältnisse eine exakte Lage der Einstichstelle und damit eine optimale Positionierung der skleranahtfixierten Linse. Weitere Vorteile sind die einfache Handhabung und dass die Durchführung ohne Spezialgeräte möglich ist.

Während des Nähens kann es (besonders bei der Technik von Innen) durch den intraokularen Flüssigkeitsverlust zu Hypotoniephasen mit der Gefahr okulärer Blutungen kommen. Um dies zu vermeiden empfiehlt es sich, eine permanente Infusion in die Vorderkammer einzuführen.<sup>43</sup>

Trotz dieser Neuerungen im Operationsablauf ist und bleibt die Implantation einer nahtfixierten IOL operativ aufwendig, anspruchsvoll und zeitintensiv.

Da dieser Linsentyp ebenfalls in den Sulcus ciliaris platziert wird, benötigt man auch hier große Linsen (Optik 6-7 mm, Haptik 13-13,5 mm), damit die intraokulare Linse an der Sklera befestigt werden kann und nicht so leicht dezentriert. Im Gegensatz zur sulcusfixierten Linse sitzt die nahtfixierte Linse in der Regel nicht unter Spannung im Sulcus, sondern wird durch ihre Nähte in der gewünschten Position gehalten. Der benötigte, große, korneosklerale Schnitt, muss in der Regel genäht werden, was wiederum die Gefahr für das Entstehen eines postoperativen Astigmatismus erhöht. Hilfreich sind Linsenmodelle mit Ösen an den Haptiken, um die Nähte sicher anbringen zu können und ein Abrutschen der Fadenschleife zu vermeiden.

An der UAM wurden im Zeitraum unserer Studie zwei Linsentypen für skleranahtfixierte Linsenimplantationen verwendet. Dies ist zum einen die Morcher Linse Typ 66

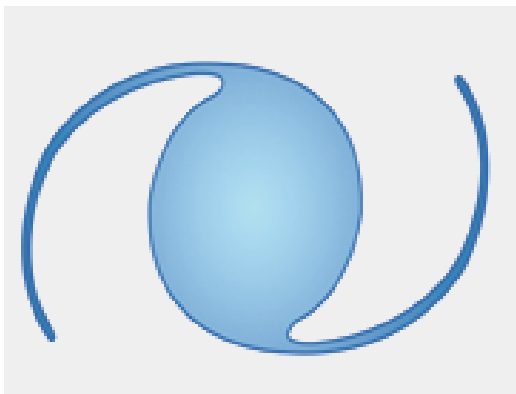
---

<sup>41</sup> Vgl. Kulkarni et al. (2007).

<sup>42</sup> Vgl. Schmidt et al. (2002).

<sup>43</sup> Vgl. Schmidt et al. (2007).

aus PMMA, die auch als Sulcuslinse Verwendung findet (siehe Abbildung 4), sowie die Rayner Linse Typ 755U ebenfalls aus PMMA, mit einer Haptikanwinkelung von  $10^\circ$  und einer A-Konstanten von 118 (siehe Abbildung 5).



**Abbildung 5: Nahtfixierte Linse Rayner Typ 755U<sup>®</sup>.<sup>44</sup>**

Obwohl bereits vor mehreren Jahren erste Versuche mit faltbaren Linsen durchgeführt und Berichte über die erfolgreiche Verwendung solcher flexibler Linsen für die Nahtfixation bekannt wurden,<sup>45,46</sup> sind PMMA-Linsen nach wie vor die erste Wahl, da sie am ehesten ein Verkippen der IOL verhindern. Auch die Entwicklung einer Injektorimplantations-Methode für nahtfixierte Sulcuslinsen, die durch nahtfreie Schnitte von nur 3 mm möglich ist,<sup>47</sup> hat daran bisher nichts geändert.

Im Vergleich zu anderen Befestigungsmethoden ist die letztendliche Position einer skleranahtfixierten Linse relativ variabel, was möglicherweise zu ungenaueren Ergebnissen bei der Refraktion führt. Außerdem kann es zu einem so genannten Iris-Capture kommen, wobei sich ein Teil der Linsenoptik vor die Iris schiebt und diese möglicherweise in Miosis fixiert.

Die skleranahtfixierte Linse eignet sich nicht nur bei fehlenden Kapselstrukturen, sondern ist zudem erste Wahl bei Vorliegen von Iriserkrankungen wie z.B. bei Diabetes mellitus oder Neovaskularisationen (Rubeosis iridis), Uveitis oder Gefäßverschlüssen, wenn eine Irisklauenlinse kontraindiziert ist. Sie ist außerdem die einzige Linsenart, die es auch in Kombination mit einer Irisblende gibt und dann bei Patienten mit Irisdefekten oder Aniridie (fehlen der Iris) implantiert werden kann.

---

<sup>44</sup> Quelle : Rayner Surgical GmbH (2008).

<sup>45</sup> Vgl. Regillo/ Tidwell (1996).

<sup>46</sup> Vgl. Yopez et al. (2006).

<sup>47</sup> Vgl. Szurman et al. (2006).

Eine weitere Besonderheit ist, dass die Implantation einer skleranahtfixierten Linse bei ausgeprägten Narben im korneoskleralen Übergang durch (multiple) vorangegangene Operationen auch mittels eines inversen kornealen Schnittes möglich ist, der sich sicher durch Naht verschließen lässt.

Die nahtfixierte Linse ist somit sowohl Standard-Therapieoption bei Aphakie, als auch für Fälle mit Besonderheiten wie einer Iriserkrankung oder einer Aniridie einsetzbar.

#### 4.3.2.4. Irisfixierte Linsen (Irisklauenlinsen)

Die ersten, um 1953 von Edward Epstein entwickelten, irisfixierten Linsen wurden mit Nähten an der Irisvorderfläche befestigt. Man suchte nach einer Implantationstechnik für eine Linse, die alle Vorteile einer Vorderkammerlinse haben sollte, ohne dabei das Endothel zu schädigen. Es zeigte sich jedoch schnell, dass auch die irisfixierten Linsen „langfristig zu ausgeprägten Iripigmentepitheldefekten, Pigmentdispersionsglaukomen und auch kornealen Komplikationen“<sup>48</sup> führten.

Die erste Iris-Clip-Linse wurde 1957 von Cornelius Binkhorst entwickelt.<sup>49</sup> Da dieser Linsentyp leicht dislozierte, wurde aber weiterhin auch an den mittels Naht fixierten Irislinsen geforscht. Egal welches Nahtmaterial man jedoch verwendete, Erosionen im Irisgewebe und Hornhautdekomensationen waren nicht zu vermeiden.

Aufgrund dieser unbefriedigenden Resultate suchte Jan Worst nach einer besseren Befestigungsmethode und entwickelte die Iris-Klauen-Linse. Dieser Linsentyp wird mit Hilfe von kleinen Häkchen an den Haptiken in die Irisvorderfläche eingehakt. Es handelt sich also um eine Vorderkammerlinse, die einen wesentlich besseren Halt bietet, als die von Binkhorst entwickelte Iris-Clip-Linse. Allerdings treten auch bei dieser irisfixierten Linse alle, für Vorderkammerlinsen typische, Komplikationen auf. Auch Veränderungen des Irisgewebes und Pupillenverziehungen sind zu beobachten. Heutzutage wird dieser Linsentyp vor allem zur Korrektur der hohen Myopie in phake Augen eingesetzt.<sup>50</sup>

Für aphake Patienten hat sich vor einigen Jahren die retropupillare Implantation der Irisklauenlinsen durchgesetzt. Diese Methode besitzt alle Vorteile einer Hinterkammerlinse und kann auch bei vorgeschädigten Augen verwendet werden, da sie aufgrund ihrer Lage an der Irisrückseite sehr schonend für das Hornhautendothel ist. Außerdem

---

<sup>48</sup> Auffarth/ Apple (2001), S. 1019.

<sup>49</sup> Vgl. Auffarth/ Apple (2001), S. 1019.

<sup>50</sup> Vgl. Maloney et al. (2002).

sind Iris-Klauen-Linsen vielseitig einsetzbar, da sie weder Kapselreste noch Nähte zur Fixation benötigen.<sup>51</sup> Einzige Voraussetzungen für die Implantation eines solchen Linsentyps sind eine intakte Iris und eine (vordere) Vitrektomie.

Über einen kornealen oder korneoskleralen Tunnelschnitt wird die Iris-Klauen-Linse vertikal in die Vorderkammer eingebracht. Nach Drehung der Linse in die Horizontale stehen die Haptiken bei 3 und 9 Uhr. Dann wird die Linse mit einer Pinzette gefasst und hinter die Iris gebracht. Dort kommt sie mit der konkaven Seite zur Irisrückfläche zum liegen, also in inverser Position zur Vorderkammerimplantation. Zum Schluss wird mittels eines Spatels Irisgewebe möglichst spannungsfrei in die Klauen enclaviert (eingespannt). Zur besseren Zentrierung hat sich die Einführung der Linsen-haltenden Pinzette über eine Iridektomie bei 12 Uhr bewährt, zumal so Pupillenverziehungen leichter erkannt und gleich behoben werden können. Es handelt sich insgesamt um eine relativ einfache, schnelle und atraumatische Operationsmethode.

Standardmäßig werden starre PMMA-Linsen verwendet, was bedeutet, dass auch hier ein relativ großer Schnitt zur Implantation gesetzt werden muss. An der UAM fand im untersuchten Zeitraum vor allem die Verisyse phakic intraocular lens® der Firma AMO mit einer A-Konstanten von 116,7 für die retropupillar-inverse Implantation Verwendung (siehe Abbildung 6).



**Abbildung 6: Iris-Klauen-Linse, Verisyse®, AMO.<sup>52</sup>**

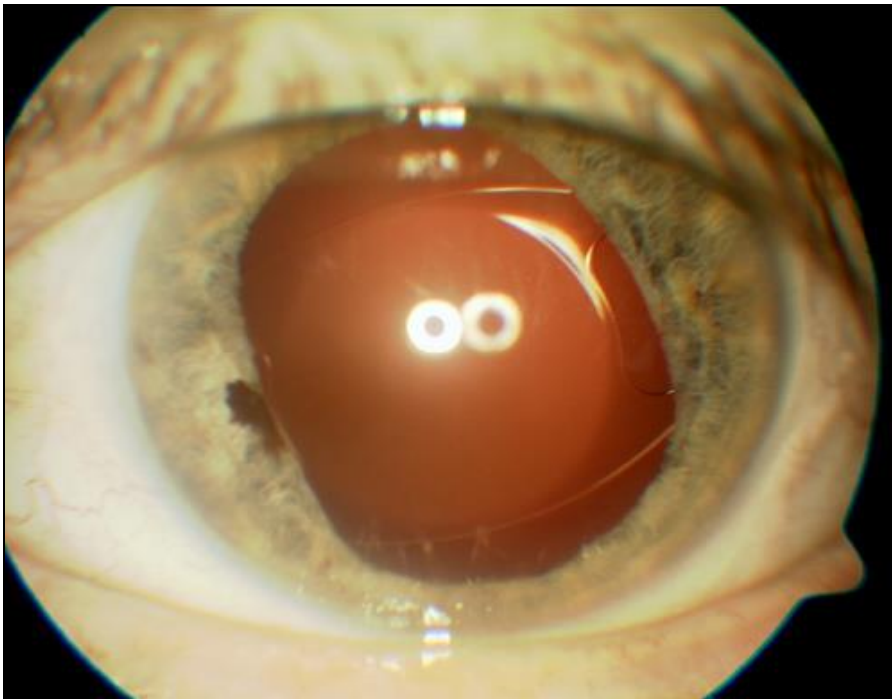
---

<sup>51</sup> Vgl. Mohr et al. (2002).

<sup>52</sup> Quelle: AMO Advanced medical optics (2008).



Seit 2005 sind auch faltbare Modelle der Irisklauenlinse auf dem Markt, die bisher aber nur für anteropupillare Verwendung finden. Es ist zwar durchaus vorstellbar, dass diese flexiblen Irisklauen-Linsen demnächst auch für die retropupillare Implantation genutzt werden können, bisher gibt es aber noch keine Erfahrungen über die Stabilität einer faltbaren Linse für diese Form der Anwendung. Der Vorteil läge in der kleineren Schnittführung und einem dadurch bedingten, zu erwartenden, schnelleren und komplikationsärmeren Heilungsverlauf.



**Abbildung 7: Retrograd implantierte Irisklauenlinse bei maximaler Mydriasis.<sup>53</sup>**

Die retropupillare Implantation von Irisklauenlinsen hat sich in den letzten 8 Jahren als sehr erfolgreiche Therapieoption bei Aphakie bewährt. Doch trotz zahlreicher Berichte über positive Ergebnisse<sup>54,55</sup> und stetig steigender Implantationszahlen sind bis jetzt weder die Artisan®- noch die Verisyse®-Linse zur retropupillaren Implantation zugelassen. Dies führt zu einer Reihe rechtlicher und medizinischer Schwierigkeiten.

Die Implantation der Linse in die Hinterkammer statt vor die Iris muss in der Biometrie, also bei der Berechnung der postoperativen Refraktion, berücksichtigt werden (A-Konstante für retropupillar invers = 116,7 und für anteropupillar = 115). Außerdem kann es zu Abbildungsfehlern kommen, da die Irisklauenlinse nicht für diesen Implantations-

---

<sup>53</sup> Quelle: Universitätsaugenklinik Marburg.

<sup>54</sup> Vgl. Mohr et al. (2002).

<sup>55</sup> Vgl. Baykara et al. (2007).

ort konstruiert ist. Es gibt bis heute keine ausreichenden Untersuchungen darüber, wie sich die inverse Positionierung der Irisklauenlinse auswirkt.

Zu den häufiger auftretenden Komplikationen zählen u.a. Alterationen der Iris durch die Irisklaue. So kann es z.B. zu chronischen Reizzuständen und Pupillenverziehungen durch nicht spannungsneutrale Enclavation kommen.

Wird die Linse nicht korrekt enclaviert, kann dies zu einer Dislokation der IOL führen. In leichteren Fällen ist die Kante der verrutschten Linse noch in der Pupille sichtbar. Die Linse kann aber den Kontakt zur Iris auch vollständig verlieren und bis in den Glaskörper-Raum dislozieren, was eine (erneute bzw. vollständige) Vitrektomie mit Linsenbergung nach sich zieht. Auch ein Iris-Capture ist möglich (ein Teil der Linsenoptik kommt vor der Iris zu liegen, der andere dahinter). Es konnte bisher noch nicht endgültig geklärt werden, ob ein verstärktes Undulieren der Iris (Iridodonesis) durch das Gewicht der IOL zu Flüssigkeitsverwirbelungen führt, die möglicherweise das Endothel schädigen können.

(Relative) Kontraindikationen für eine irisfixierte Linse sind alle Erkrankungen, die die Iris einbeziehen. Dazu gehören Diabetes mellitus, Uveitis, Irisatrophien, Aniridie, Gefäßverschlüsse und Neovaskularisationen (Rubeosis iridis).

#### **4.4. Besonderheiten und Probleme der operativen Methoden**

Zu Beginn dieses Kapitels wurde schon einmal kurz auf allgemeine und individuelle Operationsrisiken hingewiesen, die jetzt einmal näher betrachtet werden sollen, da sie vor jeder Linsen-Implantation bedacht und mit dem Patienten besprochen werden müssen.

Zu den möglichen Komplikationen eines ophthalmologischen Eingriffes dieser Art gehören unter anderem Wundheilungsstörungen, die häufiger bei starren Linsen und den dafür notwendigen größeren kornealen bzw. korneoskleralen Inzisionen zu erwarten sind. Dies trifft auf alle drei üblicherweise verwendeten Arten der sekundären Hinterkammerlinsenimplantation (sulcusfixierte, nahtfixierte und irisfixierte Linsen) zu.

Es kann außerdem zu einer Verletzung des Hornhautendothels kommen, von vorübergehenden Deszemetfalten bis hin zu bleibenden Schäden und einer dementsprechend stärker oder schwächer ausgeprägten Minderung der Sehschärfe.

Bei jedem operativen Eingriff am Auge besteht zudem die Gefahr einer (exogenen) intraokularen Infektion (Endophthalmitis), insbesondere, wenn bereits Voroperationen

stattgefunden haben, wie es in der Regel bei sekundären IOL-Implantationen und Linsenrepositionen der Fall ist. Es handelt sich hierbei um eine Komplikation mit sehr ernster Prognose. Je nach Verlauf kann es nötig werden die neu eingesetzte IOL wieder zu explantieren, um der Infektion Einhalt gebieten zu können.

Besonders bei Linsenimplantationen und -explantationen besteht durch große Schnittführungen und längeres Manipulieren die Gefahr von Druckschwankungen im Auge. Treten größere Mengen Glaskörper-Flüssigkeit aus, kommt es zu einer Hypotonie und dies wiederum kann zu Aderhautabhebungen und Aderhautblutungen (expulsive Blutungen) führen. Um dies zu vermeiden und eine Stabilisierung des Bulbus während der Operation zu gewährleisten, wird eine permanente Infusion (über einen Schnitt am Limbus corneae) in die Vorderkammer eingeführt. Außerdem wird so eine stabile Vorderkammertiefe aufrechterhalten, was die Gefahr einer Hornhautschädigung minimiert und auch längere Operationen ermöglicht.<sup>56</sup>

Auch Glaskörpereinblutungen gehören zu den häufiger auftretenden Komplikationen während einer Linsenimplantation.

Sowohl bei nahtfixierten, als auch bei irisfixierten Linsen sollte vor der Implantation eine vordere Vitrektomie durchgeführt werden, da in beiden Fällen keine hintere Linsenkapsel mehr vorhanden ist, die einen Glaskörper-Prolaps verhindern könnte. Bei einem solchen Glaskörper-Prolaps gelangen Teile des Glaskörpers in die Vorderkammer, was leicht zur Instabilität einer frisch implantierten IOL sowie durch chronische Reizung zu einem Makulaödem führen kann.

Außerdem kann es zu traktions-bedingten (durch Glaskörperzug verursachten) Netzhautablösungen kommen, auf welche eine retinale Kryokoagulation wahrscheinlich eine prophylaktische bzw. protektive Wirkung besitzt.

#### **4.5. Berechnung der Kunstlinsenstärke**

Dem linsenlosen Auge fehlen (bei normaler Bulbuslänge) ca. 20 dpt seiner Brechkraft, es ist somit stark hyperop. Mit Hilfe der Biometrie kann die benötigte Kunstlinsenstärke relativ genau berechnet werden. Dazu benötigt man eine Keratometrie, welche die Krümmung der Hornhautoberfläche in mm und damit seine Brechung in dpt (Norm: ca. 40 dpt) ermittelt sowie eine sonographische Messung der Augapfellänge, also einen antero-posterioren Augendurchmesser in mm (Norm: 22-25 mm).

---

<sup>56</sup> Vgl. Strmen (1998).

Unter Anwendung spezieller biometrischer Formeln werden die ermittelten Daten zur Kalkulation der Linsenstärke herangezogen. Die bekanntesten sind die Formel von Sanders, Retzlaff und Kraff (SRK-Formel), die Haigis-Formel, die Holladay-Formeln 1 und 2, sowie die Hoffer Q Formel. Sie alle berücksichtigen das Linsenmaterial, die Winkelung der Haptiken und die zu erwartende bzw. erwünschte Position der Linse im Auge. Jede dieser Formeln führt in einem bestimmten Bereich der Augapfellänge zu etwas genaueren Resultaten als die anderen und für die unterschiedlichen Linsentypen eignet sich jeweils eine der Formeln etwas besser als die anderen. Grundsätzlich empfiehlt es sich vor einer Linsenimplantation die benötigte Linsenstärke mit mehreren dieser Formeln zu berechnen. So kann die Gesamtbrechkraft des Auges und damit die erforderliche Kunstlinsenstärke am besten abgeschätzt werden.

Seit dem Jahr 2000 gibt es den „IOL-Master“® von Zeiss. Es handelt sich um ein Gerät, das mittels optischer Laserinterferenz Augenlänge, Hornhautradien und Vorderkammertiefe hoch präzise messen kann. Ein Vorteil gegenüber der Ultraschallmethode ist, dass der IOL-Master das Auge für seine Messungen nicht berührt, man benötigt also keine Oberflächenanästhesie mehr. Außerdem kommt es nicht mehr zu Messungenauigkeiten aufgrund einer Bulbuseindellung durch den Schallkopf und eine Ausbreitung von Erregern ausgehend von einem kontaminierten Gerät wird sehr unwahrscheinlich. Der IOL-Master liefert auch bei Pseudophakie (wenn sich eine IOL im Auge befindet) gute Messergebnisse, während die Ultraschallmethode in diesen Fällen sehr unzuverlässig arbeitet.

Die entscheidenden Variablen bei einer solchen biometrischen Berechnung sind der zukünftige Sitz der IOL im Auge, ob die Kunstlinse also in die Vorderkammer oder in die Hinterkammer implantiert wird, sowie die Angulation der Haptik (Winkel, in dem die Haptik zur Linse angebracht ist). Je weiter vorne im Auge die IOL sitzt, desto weniger Brechkraft d.h. Dioptrien sind erforderlich. Eine sulcusfixierte Linse benötigt zum Beispiel bei normaler Augachsenlänge eine Brechkraft die ca. 1 dpt weniger stark ist, als die einer „in-the-bag“ Hinterkammerlinse.<sup>57</sup> Da nahtfixierte Linsen zwar immer ungefähr, aber nie genau an einer bestimmten Stelle im Sulcus sitzen, ist es in diesen Fällen schwieriger eine präzise Voraussage über die benötigte Linsenstärke zu machen, die benötigt wird, um das gewünschte refraktive Resultat zu erzielen.

---

<sup>57</sup> Vgl. Suto et al. (2003).

Jeder Linsentyp ist in einer weiten Spanne an Dioptrien, meist in 0,5 dpt-Schritten erhältlich, um allen Nachfragen gerecht werden zu können. Unter Einbeziehung der A-Konstanten der jeweiligen Linse, dem heutigen Stand der Technik inklusive des IOL-Masters und der Erfahrung des Operateurs weichen die erzielten Refraktions-Ergebnisse meist nur wenig von den vorher errechneten Zielwerten ab. Nichtsdestoweniger lassen sich individuelle, leichte Schwankungen von 0,5-1 dpt um das erwünschte Refraktionsergebnis auch mit den neuesten Berechnungstechniken nicht vermeiden.<sup>58</sup> Aus diesem Grund wird meist eine leichte Myopie (ca. - 0,5 dpt) durch die intraokulare Linsenimplantation angestrebt. Eine solche Form der leichten Kurzsichtigkeit wird von vielen Patienten gut toleriert, da sie so in der Lage sind ohne Brille in der Nähe zu sehen und zumindest große Schrift auch ohne Brille lesen zu können. Würde man von vornherein eine Emmetropie (Normalsichtigkeit) anstreben, könnte postoperativ auch eine leichte Hyperopie entstehen, was für den Patienten ungünstiger ist, da er den Nahpunkt im Unendlichen hätte. Dies wiederum würde dazu führen, dass er sowohl für die Ferne, als auch für die Naharbeit eine Brille benötigen würde und ohne Hilfsmittel in allen Entfernungen unscharf sehen würde.

Bei der Auswahl der zu implantierenden IOL muss außerdem die Refraktion des Partnerauges beachtet werden, da eine Refraktionsdifferenz zwischen beiden Augen von über 3-4 dpt wegen der ungleichen Abbildungsgröße eines Gegenstandes auf der Netzhaut nur selten toleriert wird. Die verschiedenen großen Bilder können vom Gehirn nicht zu einem Bild fusioniert werden. So wird z.B. bei Patienten, die an einer hohen Myopie leiden und nur an einem Auge eine neue Linse benötigen, die IOL-Stärke immer so berechnet, dass das operierte Auge hinterher entsprechend dem kontralateralen Auge wieder myop ist.

„Besondere Aufmerksamkeit erfordern Patienten mit Problemaugen: hierzu gehören Fehlsichtige mit sehr kurzen oder langen Augen sowie Patienten, die wegen eines zurückliegenden refraktiven Eingriffes eine gegenüber Normalen veränderte Hornhauttopographie besitzen.“<sup>59</sup> Diese Aussage basiert auf der Tatsache, dass die Achsenlänge des Auges ein entscheidender Faktor bei der Berechnung der benötigten Brechkraft ist und eben diese Achsenlänge bei Kurz- oder Weitsichtigkeit zum Teil stark von der Norm abweicht. Die empirisch ermittelten Formeln zur Berechnung der benötigten IOL-Stärke wiederum können in diesen Randbereichen der Normalverteilung eher unge-

---

<sup>58</sup> Vgl. Preussner et al. (2004).

<sup>59</sup> Haigis (2007), S. 45.

naue Ergebnisse liefern. Der zweite wichtige Faktor für die Biometrie ist die Hornhautkrümmung, die durch eine refraktive Hornhautplastik zur Behebung einer Fehlsichtigkeit stark verändert wird. Da sich bei diesen Augen die Hornhautkrümmung im Zentrum stark von der in der Peripherie unterscheidet, kann die Standardmessmethode für die Hornhautbrechkraft versagen und Ursache für Fehlberechnungen sein.

Die Genauigkeit der Berechnung der benötigten Kunstlinsenstärke ist entscheidend für die Zufriedenheit des Patienten mit dem Operationsergebnis. Ist die gewählte Brechkraft der Intraokularlinse für das Auge zu hoch oder zu niedrig, kann kein befriedigendes Sehergebnis für den Patienten erzielt werden. Eine zusätzliche (Weiter-) Behandlung mit konservativen Methoden, sprich Sehhilfen, ist dann eine Option. Ist auch mit einer Brille kein befriedigendes Resultat zu erreichen, kann ein Austausch der IOL oder ein Hornhaut-refraktiver Eingriff erwogen werden.

Durch die Fortschritte in der Biometrie wird die Differenz zwischen Sollwert und Istwert der postoperativen Refraktion immer geringer. Grobe Abweichungen vom refraktiven Zielwert werden inzwischen kaum noch beobachtet, was mit einer Zunahme der (postoperativen) Patientenzufriedenheit einhergeht.

#### **4.6. Multifokale Intraokularlinsen**

Wie schon erwähnt geht mit der Implantation einer Kunstlinse die Fähigkeit zur Akkommodation verloren, da die IOL eine feste Brechkraft besitzt, die nicht nach Bedarf variiert werden kann. Der Patient benötigt auch nach der Operation eine Brille entweder für das Nah- oder für das Fernsehen, je nach postoperativer Refraktion.

Seit einiger Zeit sind auch multifokale Intraokularlinsen im Handel, die zwei oder mehr Brennweiten haben und damit sowohl in der Nähe, als auch in der Ferne scharf abbilden. Die Probleme dieser multifokalen Linsen, wie signifikant schlechteres Kontrastsehen und erhöhte Blendempfindlichkeit überwiegen bisher noch häufig ihre Vorteile, so dass monofokale IOLs nach wie vor als Standard gelten.

Berichten über die sekundäre Implantation von skleranahtfixierten, faltbaren multifokalen Linsen bei Kindern und Jugendlichen zu Folge sind die Ergebnisse aber durchaus vielversprechend. Nicht nur wird in der Gruppe der multifokalen Linsen postoperativ seltener eine Lesebrille benötigt, auch das Stereosehen ist angeblich besser möglich.

Zusätzliche Komplikationen im Vergleich zu skleranahtfixierten, monofokalen Linsen wurden nicht beobachtet.<sup>60</sup>

Es ist somit durchaus vorstellbar, dass durch eine Weiterentwicklung und Verbesserung dieser multifokalen Linsen die Brille nach IOL-Implantation irgendwann einmal überflüssig werden wird und multifokale Linsen der Standard werden.

---

<sup>60</sup> Vgl. Jacobi et al. (2002).

## **5. Aktuelle Literatur zum Thema „Therapieoptionen bei Aphakie“**

Bevor die Ergebnisse der retrospektiven Beobachtung an der Augenlinik Marburg vorgestellt und analysiert werden, wird zunächst noch ein Überblick über den momentanen Stand der Wissenschaft zum Thema Aphakie und deren Therapie gegeben.

### **5.1. Linsenaustausch**

Die Aphakie ist in Zeiten der modernen Ophthalmochirurgie mit ihren diversen Operationstechniken und der Vielzahl verschiedenster Linsentypen ein seltenes Krankheitsbild geworden. Es besteht fast immer die Möglichkeit eines unmittelbaren Linsenersatzes, wenn eine Linse aus dem Auge entfernt werden muss.

In einigen Augen ist allerdings z.B. nach Kataraktoperation ein Linsenaustausch erforderlich. Gründe hierfür können sein, dass die implantierte IOL fehlerhaft ist, z.B. Ermüdungen durch Materialfehler aufweist, ihre Brechung und damit das refraktive Gesamtergebnis nicht zum anderen Auge passen, eine fehlerhaft berechnete IOL implantiert wurde oder eine Multifokallinse aufgrund von Blendphänomenen nicht vertragen wird.

Jin et al. berichten, dass bei 0,77% aller Katarakt-Operationen im von ihnen beobachteten Zeitraum ein Intraokularlinsen-Austausch erforderlich wurde. Die Hauptgründe für einen solchen Linsentausch waren Fehlberechnungen der benötigten Linsenbrechkraft (41%) und IOL-Dislokationen (37%). Indem die nicht suffiziente Linse direkt ersetzt wird, kann die für den Patienten unangenehme Situation der Linsenlosigkeit vermieden werden.

Jin et al. setzten hierzu in 27,5% der Fälle open-loop Vorderkammerlinsen und in den restlichen 72,5% sulcusfixierte Linsen ein. Bei allen Patienten, die eine Vorderkammerlinse erhielten und bei 95% der Patienten mit Hinterkammerlinse konnte der Visus auf dem präoperativen Wert gehalten oder sogar verbessert werden. Jin et al. vertreten deshalb die Meinung, dass die Vorderkammerlinse eine ebenbürtige Therapieoption zur sulcusfixierten Linse für einen Linsenaustausch darstellt.<sup>61</sup> Sie verwendeten weder nahtfixierte, noch irisfixierte Linsen.

---

<sup>61</sup> Vgl. Jin et al. (2005).



Ein ähnliches Vorgehen wird von Jirásková et al. beschrieben, die die Ursachen und Ergebnisse bei erforderlicher Intraokularlinsen-Explantation untersuchten. Der häufigste Grund für eine IOL-Entfernung war eine Eintrübung der Kunstlinse bzw. der Kapselreste (52%), gefolgt von Linsendislokationen (22%) und inkorrekt berechneter Linsenbrechkraft (8%). In 91% aller Fälle wurde direkt im Anschluss an die Explantation eine neue IOL eingesetzt.<sup>62</sup>

Marques et al. fanden in ihrer Studie über Linsenaustausche als Hauptursache für die nötige Explantation einer Vorderkammerlinse in 53% Entzündungen, gefolgt von 13% Dislokationen und weiteren 13% mit Refraktionsfehlern und für die Entfernung einer Hinterkammerlinse in 83% Dezentrierungen der IOL. Welcher der Linsentypen als Ersatz eingesetzt wird, wurde hier anhand des Zustandes der Vorderkammer entschieden. War noch ein Kapselsack vorhanden, wurde dieser zur Befestigung einer Hinterkammerlinse verwendet. War dies nicht der Fall kam eine Kammerwinkel- oder Irisgestützte Vorderkammerlinse zum Einsatz, vorausgesetzt die Iris war gesund und eine ausreichende Vorderkammertiefe war vorhanden. Außerdem wurden auch Skleranaht- und Irisnaht-fixierte Hinterkammerlinsen eingesetzt. Unabhängig vom gewählten Linsendesign konnte bei 80% der Patienten der Visus durch den Eingriff gleich gehalten oder sogar verbessert werden.<sup>63</sup>

Alle so eben erwähnten Verfasser werten den Linsenaustausch als sichere und effektive Maßnahme, um einer Aphakie vorzubeugen bzw. diese schnellstmöglich zu beheben, wenn sie einmal entstanden ist. In fast allen Berichten handelt es sich dabei um insuffizient gewordene Intraokularlinsen, die in einer einzeitigen Intervention explantiert und durch eine neue Intraokularlinse ersetzt werden.

In diese Linsenaustausch-Gruppe können auch einige Patienten unseres Kollektivs gezählt werden, die zwar eine dislozierte Linse irgendwo im Auge (meist im Glaskörper) besaßen, welche aber aufgrund ihrer Lage/Position funktionell nicht mehr relevant war.

Alle erwähnten Veröffentlichungen hatten unabhängig von den gewählten Linsendesigns überwiegend einen Erhalt oder sogar eine Verbesserung der Sehschärfe zu verzeichnen.

---

<sup>62</sup> Vgl. Jirásková et al. (2007).

<sup>63</sup> Vgl. Marques et al. (2007).

## 5.2. Linsenluxationen

Es gibt kaum Veröffentlichungen, die sich mit den Ursachen von Linsenluxationen beschäftigen und ebenfalls wenige über deren Therapieoptionen im Vergleich. Beim Thema Linsenluxationen muss außerdem zwischen der Luxation der eigenen, natürlichen Linse und der einer Kunstlinse unterschieden werden, da sowohl Ursache als auch Therapie differieren können.

Sarrafizadeh et al. verglichen die Ergebnisse nach Reposition einer Kunstlinse mit denen nach Linsenaustausch und Implantation einer Vorderkammer- oder Hinterkammerlinse in Fällen einer Linsendislokation. Sie fanden heraus, dass mit beiden Methoden ähnlich gute Visus-Ergebnisse erzielt werden können. Im Vergleich zwischen den Linsentypen fanden Sarrafizadeh et al. postoperativ ähnliche Visus-Resultate, bei den Vorderkammerlinsen war der Anstieg des Visus im Mittel aber höher.<sup>64</sup>

Gross et al. beschäftigten sich speziell mit Dislokationen von „in-the-bag“ Linsen inklusive ihres Kapselsackes bei Insuffizienz der Zonulafasern. Die Ursachen für ein solches Geschehen waren Pseudoexfoliationssyndrom (44%), idiopathische Luxation (24%), Uveitis (16%) oder Trauma (16%). Sie verwendeten sowohl Vorderkammerlinsen als auch skleranahtfixierte Linsen, um das entstandene Refraktionsdefizit auszugleichen und erzielten mit beiden Linsentypen gute Ergebnisse.<sup>65</sup>

Yarangumeli et al. beschreiben die erfolgreiche Refixation faltbarer, dislozierter Intraokularlinsen mittels Einzelnaht bei Patienten mit ausreichenden Kapselresten. Die häufigsten Ursachen einer Dislokation waren Linsenkapselrupturen und Zonulolysen.<sup>66</sup>

Gerade weil die Veröffentlichungen zum Thema Linsenluxation so rar sind, haben wir dieses Thema aufgegriffen und analysiert. Viele Fälle von Aphakie in unserem Patientenkollektiv sind auf eine Linsendislokation zurück zu führen und deshalb halten wir eine Untersuchung dieser nicht seltenen Ursache für einen Linsenverlust für nötig. In den oben beschriebenen Studien wurden diverse Therapien mit gutem Erfolg beschrieben, die wir mit unseren Resultaten vergleichen werden.

---

<sup>64</sup> Vgl. Sarrafizadeh et al. (2001).

<sup>65</sup> Vgl. Gross et al. (2004).

<sup>66</sup> Vgl. Yarangumeli et al. (2012).

### **5.3. Iatrogen entstandene Aphakie**

Welche langfristigen Probleme sich aus der modernen Ophthalmochirurgie mit ihren immer weiter steigenden Implantationszahlen für künstliche Linsen ergeben, ist noch nicht absehbar. Möglicherweise wird es zu einem Anstieg der Fälle von sekundär luxierten, künstlichen Linsen kommen, die zu einer optischen Aphakie führen. Einigen Fällen von Linsenlosigkeit geht ein ophthalmologischer Eingriff voraus, z.B. eine komplizierte Kataraktoperation.

Eine Studie von Lundström et al. zeigte, dass rund 0,5% aller Katarakt-Operationen zu einer nicht geplanten Aphakie führen und dass höheres Alter, okuläre Komorbidität und ein niedriger, präoperativer Visus mit einem solchen unerwünschten Operationsergebnis assoziiert sind.

Der bedeutendste Auslöser für die Entstehung einer iatrogenen Aphakie durch Katarakt-Operation sind dieser Studie zu Folge Probleme mit der Linsenkapsel in Form von Rissen oder einer Zonulainsuffizienz. Eine Beteiligung des Glaskörpers, zum Beispiel in Form eines Prolaps, kann eine solche Situation zusätzlich erschweren und eine primäre Linsenimplantation verhindern. Zudem konnten Lundström et al. einen Anstieg der Aphakie-Inzidenz über die Jahre beobachten, den die Studiengruppe mit der zunehmenden Verwendung der Phakoemulsifikations-Technik in Zusammenhang bringt. Lundström et al. vermuten darin ein Anzeichen dafür, dass gerade auch in komplizierteren Fällen die Phakoemulsifikation möglicherweise nicht immer das Vorgehen der ersten Wahl ist.<sup>67</sup>

Im Hinblick auf die von Jahr zu Jahr steigende Anzahl der Katarakt-Operationen ist es von großer Relevanz, die iatrogenen Ursachen der Aphakie-Entstehung zu kennen und zu analysieren, um einem Anstieg der Aphakie-Inzidenz, wie er von Lundström et al. beobachtet wurde, entgegen wirken zu können.

### **5.4. Intraokulare Linsenimplantationen bei Kindern**

Die Katarakt-Operation bei Kindern ist komplexer und komplikationsträchtiger als bei Erwachsenen.<sup>68</sup> So treten zum Beispiel postoperativ gehäuft Infektionen und erneute

---

<sup>67</sup> Vgl. Lundström et al. (2004).

<sup>68</sup> Vgl. Ma et al. (2012).

Eintrübungen der Sehachse an der hinteren Kapsel, ein so genannter Nachstar, auf.<sup>69</sup> Um eine solche erneute Trübung, die sich bei Kindern sehr rasch entwickeln kann, zu vermeiden sollte eine hintere Kapsulorhexis (Eröffnung der Kapselhinterwand) in Kombination mit einer vorderen Vitrektomie erfolgen<sup>70</sup>. Zu den Spätfolgen einer Katarakt-Operation im Kindesalter zählen das Glaukom und die Netzhautablösung.<sup>71</sup>

Die Implantation einer Kunstlinse in ein kindliches Auge ist mit einigen zusätzlichen Besonderheiten verbunden. Zum einen befindet sich bei Säuglingen und Kleinkindern das Auge noch im Wachstum, was eine Berechnung der zukünftigen Brechkraft erschwert. Zum anderen muss hier in besonderem Maße darauf geachtet werden, dass man ein gutes, aber vor allem auch dauerhaftes Ergebnis erzielt. Bei Kindern und Jugendlichen sollten die Langzeitergebnisse der entscheidende Faktor bei der Wahl des Linsentyps sein. Es wird überwiegend die Meinung vertreten mit der Implantation einer Intraokularlinse zu warten, bis die Kinder mindestens ein Jahr alt sind, da die Komplikationsrate ansteigt, je jünger die Betroffenen sind und je weniger die Augen in ihrem Wachstum fortgeschritten sind.

Zetterström und Kugelberg sind allerdings der Meinung, dass bei unilateraler, kongenitaler Katarakt auch eine sofortige IOL-Implantation erwogen werden sollte, da die Ergebnisse einer einseitigen Kontaktlinsenversorgung eher schlecht ausfallen.<sup>72</sup> Der Grund für diese unbefriedigenden Resultate ist unter anderem die mangelnde Compliance der Kinder, die mit ihrem gesunden Auge gut sehen können und sich gegen die notwendige Okklusionstherapie sträuben. Die erhöhte Gefahr einer Amblyopie auf dem kranken Auge wiegt möglicherweise die Nachteile einer so frühen Kunstlinsenimplantation auf.

Speeg-Schatz et al. teilen diese Meinung, da sie kein erhöhtes Aufkommen von Sekundärglaukomen oder Trübungen der Sehachse (Nachstar) bei früher Implantation einer IOL nachweisen konnten.<sup>73</sup>

Auch Magli et al. halten eine frühzeitige Linsenimplantation insbesondere bei unilateraler Katarakt für sinnvoll. Sie konnten keine Assoziation zwischen dem Alter bei operati-

---

<sup>69</sup> Vgl. Al Shamrani/ Al Turkmani (2012).

<sup>70</sup> Vgl. Lloyd et al. (2007).

<sup>71</sup> Vgl. Pavlovic (2000).

<sup>72</sup> Vgl. Zetterström/ Kugelberg (2007).

<sup>73</sup> Vgl. Speeg-Schatz et al. (2005).

vem Eingriff und der Ausbildung eines Strabismus bzw. dem postoperativen Visusergebnis nachweisen.<sup>74</sup>

Grundsätzlich empfehlen Zetterström und Kugelberg faltbare, hydrophobe Acryllinsen für die Implantation in ein Kinderauge. Vorderkammerlinsen sind wenig geeignet.<sup>75</sup>

Epley et al. verglichen die Ergebnisse von nahtfixierten Hinterkammerlinsen mit denen von Vorderkammerlinsen für die sekundäre Implantation in aphake Kinderaugen ohne Kapselreste. Sie kamen zu dem Ergebnis, dass die Skleranahtfixation der Vorderkammerlinse überlegen ist und sie mit gutem Erfolg verwendet werden kann, wenn eine „in-the-bag“ Implantation oder eine sulcusfixierte Linse nicht eingesetzt werden können.<sup>76</sup>

Über ähnlich gute Erfahrungen mit nahtfixierten Linsen wurde von Sewelam berichtet, der aber einen Bedarf an Langzeitergebnissen zur endgültigen Abschätzung der Sicherheit der Methode feststellte.<sup>77</sup>

Die Implantation einer Linse in ein Kinderauge stellt immer eine besondere Herausforderung dar, der mit einer individuell angepassten Therapiestrategie begegnet werden muss.

## **5.5. Vorderkammerlinsen vs. verschiedene Hinterkammerlinsen**

Die Implantation einer künstlichen Linse hat sich zum Standard der Aphakietherapie entwickelt. Es gilt aber noch zu klären, welche der vielen Linsendesigns sich wann am besten eignen und mit welchen Methoden die besten Langzeitergebnisse bezüglich Visus, Refraktion, Haltbarkeit und Patientenzufriedenheit erzielt werden.

Donaldson et al. untersuchten die Unterschiede und Ergebnisse nach Implantation einer modernen Vorderkammerlinse bzw. einer nahtfixierten Hinterkammerlinse. Sie sind der Meinung, dass die neue Generation der Vorderkammer-Linsen nicht mehr die Nachteile besitzt, aufgrund derer man einst von der Idee der Implantation einer Linse in die Vorderkammer Abstand nahm. Ihre Ergebnisse, die weder Unterschiede zwischen

---

<sup>74</sup> Vgl. Magli et al. (2008).

<sup>75</sup> Vgl. Zetterström/ Kugelberg (2007).

<sup>76</sup> Vgl. Epley et al. (2001).

<sup>77</sup> Vgl. Sewelam, A. (2003).

den Komplikationsraten noch zwischen den kurzfristigen, postoperativen Visus-Resultaten ergaben, unterstützen diese Behauptung. Nach Donaldson et al. ist die Vorderkammerlinse somit eine gleichwertige Alternative für den Einsatz in aphake Augen mit fehlenden Kapselresten.<sup>78</sup>

Hahn et al. und Iqbal et al. hingegen konnten eine erhöhte Komplikationsrate (Iqbal: u.a. postoperativer Astigmatismus 20% bei VKL vs. 15% bei HKL, postoperative, anteriore Uveitis 10% bei VKL vs. 5% bei HKL) und im Mittel einen geringeren postoperativen Visusanstieg von Vorderkammerlinsen im Vergleich mit Hinterkammerlinsen nachweisen.<sup>79,80</sup>

Mimura et al. berichten von sehr guten Langzeitergebnissen mit skleranahtfixierten Intraokularlinsen (HKL) ohne Linsendislokationen oder Komplikationen im Bereich der Nahtstellen und mit stabilen Visus-Ergebnissen auch noch nach 12 Jahren.<sup>81</sup>

Evereklioglu et al. konnten ebenfalls keinen signifikanten Unterschied im postoperativen Visusergebnis zwischen Vorderkammerlinse und nahtfixierter Sulcuslinse nachweisen, jedoch fanden sie eine höhere Komplikationsrate in der Gruppe der sogenannten open-loop Vorderkammerlinse. Die häufiger beobachteten Komplikationen in dieser Gruppe waren transientes Hornhautödem, Anstieg des intraokularen Drucks, zystoides Makulaödem, sekundäres Glaukom und Iris-Capture.<sup>82</sup>

Eine Untersuchung von Wagoner et al. vergleicht den Einsatz von open-loop Vorderkammerlinse, skleranahtfixierter und irisnahtfixierter Hinterkammerlinse in Augen mit mangelnder kapsulärer Unterstützung. Es konnte gezeigt werden, dass sich prinzipiell alle Linsentypen für eine sichere und effektive Aphakiekorrektur eignen, die Überlegenheit eines bestimmten Linsentyps konnte nicht bewiesen werden. Es konnten keine statistisch signifikanten Unterschiede bezüglich Visus oder Komplikationsrate nachgewiesen werden.<sup>83</sup>

---

<sup>78</sup> Vgl. Donaldson et al. (2005).

<sup>79</sup> Vgl. Hahn et al. (1992).

<sup>80</sup> Vgl. Iqbal et al. (2009).

<sup>81</sup> Vgl. Mimura et al. (2004).

<sup>82</sup> Vgl. Evereklioglu, et al. (2003).

<sup>83</sup> Vgl. Wagoner et al. (2003).

Diese Ergebnisse stimmen weitgehend mit denen von Dick et al. überein, die neben den drei oben erwähnten Linsentypen auch noch anteropupillar implantierte Iris-Klauen-Linsen in ihren Vergleich einbezogen. Dick et al. halten Vorderkammerlinsen insbesondere bei älteren Patienten (ohne bisherige Hornhautschädigungen) für eine gute Alternative, wenn der gesundheitliche Allgemeinzustand längere Operationen nicht zulässt oder das Risiko für eine Blutung erhöht ist.<sup>84</sup>

Riazi et al. berichten von guten Ergebnissen mit der sekundären, anteropupillaren Implantation von Iris-Klauen-Linsen in post-traumatischen, vitrektomierten Augen ohne Kapselreste. Sie erzielten gute Visusergebnisse bei geringer Komplikationsrate (Hornhautschädigung, Schädigung des Pigmentepithels, Ablösung der Choroidea und Glaskörperblutung).<sup>85</sup>

Rüfer et al. untersuchten die Ergebnisse von sekundär, retropupillar implantierten Iris-Klauen-Linsen mit und ohne simultane Keratoplastik. Sie kamen zu dem Schluss, dass die sekundäre, retropupillare Implantation einer Iris-Klauen-Linse die Vorteile einer Hinterkammerlinse mit denen einer Zeit-sparenden Operationsmethode verbindet und somit eine gute Alternative zur Aphakiekorrektur darstellt. Außerdem eignet sich dieser Linsentyp auch in Kombination mit einer Keratoplastik.<sup>86</sup>

Baykara et al. erzielten ähnlich gute Ergebnisse mit der sekundär, retropupillar implantierten Iris-Klauen-Linse und halten diese für eine mindestens gleichwertige Therapieoption für linsenlose Patienten ohne verbliebene Kapselanteile im Vergleich mit Vorderkammerlinsen und skleranaht-fixierten Linsen.<sup>87</sup>

Dass eine sekundäre Intraokularlinsen-Implantation für aphake Patienten äußerst sinnvoll und erfolgversprechend ist, belegen die vielen positiven Ergebnisse. Wie die Literaturrecherche jedoch zeigt, gibt es zum aktuellen Zeitpunkt multiple Therapieoptionen bzw. Linsentypen, von denen sich (bisher) keine als Goldstandard durchsetzen konnte. Grundsätzlich kann mit allen oben genannten Linsen bzw. Befestigungsmethoden ein befriedigendes Ergebnis erzielt werden. Bisher konnte keine eindeutige Überlegenheit des einen oder anderen Linsentyps nachgewiesen werden.

---

<sup>84</sup> Vgl. Dick/ Augustin (2001).

<sup>85</sup> Vgl. Riazi et al. (2008).

<sup>86</sup> Vgl. Rüfer et al. (2009).

<sup>87</sup> Vgl. Baykara et al. (2007).

## **6. Retrospektive Studie an der Universitätsaugenklinik Marburg (2002-2007)**

### **6.1. Hintergrund und Fragestellung**

Hintergrund zur Erstellung dieser Arbeit ist die Tatsache, dass trotz der rasanten Entwicklungen auf dem Gebiet der Kataraktchirurgie und der intraokularen Linsen auch heute noch aphake Patienten vorstellig werden. Das wirft bei uns die Frage auf: „Warum sind diese Patienten linsenlos?“

Die heutzutage routinemäßig und in großer Anzahl (in Deutschland jährlich rund 650.000 Katarakt-Operationen<sup>88</sup>) durchgeführte Katarakt-Operation kann gelegentlich für das Entstehen einer Aphakie verantwortlich gemacht werden. Treten Komplikationen während der Phakoemulsifikation oder der Implantation der „in-the-bag“ Hinterkammerlinse auf, kann dies zu einer Beendigung der Operation ohne Implantation einer Linse führen. Ein solches Szenario ist zum Beispiel eine intraoperative Ruptur der hinteren Kapselwand oder eine Zonulolyse. Auch ein Glaskörperprolaps oder ein Verlust von Linsenanteilen in den Glaskörper kann aufgrund der nötig werdenden Vitrektomie eine (primäre) Linsenimplantation unmöglich machen.

Die Linse ist bei vielen Eingriffen am Auge sehr gefährdet und kann insbesondere bei Interventionen im hinteren Augenabschnitt leicht beschädigt werden. Im Zeitalter der modernen Ophthalmochirurgie besteht allerdings häufig die Möglichkeit sofort auf intraoperativ entstandene Probleme zu reagieren und eine Intraokularlinse mit für diese Situation angepasster Befestigungsart zu implantieren. Wir wollen die Frage klären, welche Rolle missglückte Operationen und andere iatrogene Einflüsse heute als Aphakie-Ursache spielen und welche Möglichkeiten der Therapie sich am besten für diese Patientengruppe eignen.

Eine weitere Ursache für Aphakie ist die kongenitale Katarakt, deren Therapie häufig in der zunächst ersatzlosen Entfernung der Linse besteht. Bei betroffenen Kindern stellt sich die Frage: „Wann ist der optimale Zeitpunkt für eine (sekundäre) Linsenimplantation?“ Und da eine möglichst dauerhafte Lösung angestrebt werden sollte, stellt sich außerdem die Frage mit welchem Linsentyp am ehesten eine lange Haltbarkeit bei gleichzeitig bestmöglichem Visus und geringer Komplikationsrate erzielt werden kann.

---

<sup>88</sup> Wolfram/ Pfeiffer (2012), S. 17.



Es gibt aber auch Erwachsene, die aufgrund einer kindlichen Katarakt und daraus resultierender Linsenentfernung aphak sind. In solchen Fällen stellt sich die Frage: „Kann eine sekundäre IOL-Implantation auch noch nach Jahren der Linsenlosigkeit sinnvoll und erfolgreich sein? Und falls ja, welcher Linsentyp eignet sich am ehesten für ein solches Vorhaben?“

Wesentlich häufiger als die kongenitale Katarakt sind Linsendislokationen der Grund für eine (optische) Aphakie. Eine wichtige Frage in diesem Zusammenhang ist, ob es durch die stetig wachsende Anzahl pseudophaker (eine Kunstlinse tragender) Patienten und deren Alterung vermehrt zu IOL-Luxationen kommt und dies möglicherweise wiederum vermehrt zu optischen Aphakien (d.h. die Linse befindet sich außerhalb der optischen Achse) führt.

Sowohl Kunstlinsen, als auch die natürliche Linse können außerdem durch ein Trauma, ein Pseudoexfoliationssyndrom, eine Bindegewebsschwäche, eine Zonulolyse und aus vielen weiteren Gründen aus ihrer eigentlichen Position geraten und zu einer (optischen) Linsenlosigkeit führen. Es soll geklärt werden, was die häufigsten prädisponierenden Faktoren für die Luxation einer Linse sind und welche Therapieoptionen sich für diese Patientengruppe am Besten eignen. Außerdem soll beantwortet werden, ob die Implantation einer neuen IOL der Refixation überlegen ist.

Ziel ist es, die Gründe für eine Aphakie, die eine sekundäre Implantation einer Intraokularlinse oder eine Refixation einer künstlichen Linse erforderlich machen sowie deren Verteilung und möglichen Wandel im Beobachtungszeitraum zu untersuchen.

Für den behandelnden Arzt sind neben den Ursachen für Aphakie vor allem auch die Behandlungsmöglichkeiten von großem Interesse. Grundsätzlich gibt es mehrere Linsenarten, die sich für die Therapie einer Aphakie eignen. Zu beantworten wären dabei die Fragen wann man welchen Linsentyp einsetzt, welche Relevanz der Ursache der Linsenlosigkeit zukommt und welche Rolle präoperativer Befund und weitere Patientencharakteristika für die Wahl einer intraokularen Linse spielen.

Um diese Fragen beantworten zu können, müssen die anatomischen, funktionellen und refraktiven Ergebnisse der verschiedenen Linsentypen herausgearbeitet und miteinander verglichen werden. „Mit welcher Linse kann man die besten Resultate insbesondere bezüglich Visus und Refraktion erzielen? Welche linsentypischen Risiken und Komplikationen gibt es? Und wie zufrieden sind die Patienten nach der Implantation?“

Ist eine Intraokularlinse disloziert, gibt es außerdem noch die Möglichkeit einer Refixation. „Wann ist diese Vorgehensweise indiziert und wie erfolgreich ist sie?“

Die Indikationen und Behandlungserfolge der unterschiedlichen Therapieoptionen sollen also geprüft und miteinander verglichen werden, um eine Orientierungshilfe zu bieten und die Behandlung aphaker Patienten in Zukunft weiter zu optimieren.

## 6.2. Methodik und Material

In dieser retrospektiven Untersuchung, für welche kein genehmigter Ethikantrag von Nöten war, werden anhand von Krankenakten Daten von Patienten ausgewertet, die sich in den Jahren 2002-2007 in der Universitäts-Augenklinik der Philipps-Universität Marburg (UAM) aufgrund einer Aphakie einer sekundären Linsenimplantation unterzogen. Ebenfalls untersucht werden Patienten, die durch eine Luxation ihrer intraokularen Linse optisch aphak geworden und daraufhin mit einer Linsenreposition therapiert wurden.

Im Beobachtungszeitraum wurden insgesamt 110 Augen von 105 Patienten in der Augenklinik Marburg aufgrund einer Aphakie operiert. 93 Patienten (rund 89%) wurden sekundär mit einer intraokularen Linse versorgt, bei 12 Patienten (rund 11%) wurde eine Repositionierung der dislozierten Intraokularlinse vorgenommen. Die Operationen wurden von zwei Ophthalmochirurgen der UAM durchgeführt.

Das Durchschnittsalter der Patienten zum Zeitpunkt der operativen Intervention beträgt 63 Jahre mit einer Altersspanne von 6-92 Jahre. 4 Patienten aus dem Kollektiv waren zum Zeitpunkt der Operation noch Kinder/Jugendliche (unter 18 Jahre), von denen bei zweien an beiden Augen ein Eingriff durchgeführt wurde. Das Durchschnittsalter der von einer Linsen-Reposition Betroffenen liegt mit 49,5 Jahren unterhalb des Gesamtdurchschnittsalters aller behandelten Aphakie-Patienten (das bei 63 Jahren liegt). Der Anteil von Männern zu Frauen beträgt 72 zu 38.

Therapieform \ Alter	Gesamt	Irisfixiert	Nahtfixiert	Sulcusfixiert	Repositionen
Mean	63,03	73,82	61,39	56,63	49,50
SD	21,60	12,56	23,64	20,34	26,04
Min	6	32	6	21	10
Max	92	90	92	87	87

Tabelle 1: Altersverteilung.

Therapieform \ Geschlecht	Gesamt		Irisfixiert		Nahtfixiert		Sulcusfixiert		Repositionen	
	m	w	m	w	m	w	m	w	m	w
Anzahl	72	38	19	16	23	15	20	4	9	3
Prozent	65,5	34,5	54,3	45,7	60,5	39,5	83,3	16,7	75,0	25,0

Tabelle 2: Geschlechterverteilung.

Zunächst wird der Grund der Aphakie ermittelt, der diesen Eingriff nötig macht. Dann werden die durchgeführten Therapien quantifiziert und miteinander verglichen. Dazu wird errechnet, welchen prozentualen Anteil die verschiedenen Methoden jeweils an der Gesamtheit ausmachen und für welche Indikation welcher Linsentyp eingesetzt wurde.

Ferner wird ermittelt mit welchem anatomischen, funktionellen und refraktiven Resultat operiert wurde. Dazu wird der bestkorrigierte, präoperative Visus mit dem bestkorrigierten Visus nach der Operation sowie mit dem bestkorrigierten Visus mindestens 3 Monate nach dem Eingriff verglichen. Die Fernvisusbestimmung erfolgte dabei mit Landolt-Ringen bzw. ETDRS-Visustafeln und die Nahvisusbestimmung mit Hilfe von Jäger-Tafeln. Ebenso wird mit dem prä- und postoperativen sphärischen und cylindrischen Äquivalent verfahren, um das Ausmaß der Brechkraftveränderung durch die Operation ermessen zu können. Außerdem wird die Differenz zwischen erwünschter, biometrisch errechneter und tatsächlicher Zielrefraktion, die so genannte Fehlbestimmung, ermittelt. Dies soll Aufschluss über die Präzision der präoperativen Biometrie sowie der Operationsmethode für die verschiedenen Linsentypen geben.

Die Unterschiede zwischen den einzelnen OP-Gruppen/Behandlungsoptionen bezogen auf die Veränderungen der prä- und 3-Monate-postoperativen Werte von sphärischem/cylindrischem Äquivalent und der Ziel- und Ist-Refraktion wurden mit Hilfe von Varianzanalysen (in SAS mit der Prozedur GLM, mit freundlicher Unterstützung von Fr. Niemeyer, Universität Bremen) untersucht. Dabei wurde zusätzlich nach Alter und Geschlecht adjustiert. Die Ergebnisse sind explorativ zu betrachten.

Der Augeninnendruck in mmHg wird prä- und postoperativ, sowie nach mindestens 3 Monaten mit Hilfe der Aplanationstonometrie nach Goldmann ermittelt, um mögliche Auswirkungen des Eingriffes auf den Augeninnendruck absehen zu können. Weitere aufgetretene Komplikationen werden ebenfalls evaluiert, um linsenspezifische Risikoprofile erstellen zu können.

Zur weiteren Spezifizierung des Ergebnisses wird das subjektive Empfinden des Patienten nach der IOL-Implantation herangezogen. Die subjektive Einschätzung des Operationsresultates wird dabei in 4 Kategorien eingeteilt: 1. Verbesserung, 2. Unverändert, 3. Verschlechterung und 4. keine Angabe.

Der Nachbeobachtungszeitraum zur Bewertung des postoperativen Heilungsverlaufs variiert von 3 Monaten bis zu 6 Jahren. Bei Patienten, die nicht nach 3 Monaten zur empfohlenen Nachkontrolle in der Augenklinik erschienen, wurden die Daten (soweit vorhanden) von niedergelassenen Kollegen übermittelt. Patienten bei denen keine Re-

sultate von einer Kontrolluntersuchung nach 3 Monaten vorlagen, wurden von der Evaluation ausgeschlossen.

Wichtig für die Interpretation der (postoperativen) Ergebnisse und möglicherweise auch für die Wahl der Linse ist die Kenntnis des präoperativen Befundes am Auge. Liegen zum Beispiel Erkrankungen der Retina vor, kann das Sehvermögen auch durch eine Linsenimplantation nicht über einen bestimmten Wert hinaus gesteigert werden. Aus diesem Grund werden außerdem auch die bestehenden Vorerkrankungen ermittelt und quantifiziert.

### 6.3. Resultate

Im folgenden Kapitel werden die Ergebnisse der retrospektiven Datenerhebung aphaker Patienten aus den Jahren 2002-2007 präsentiert, die sich aus eben diesem Grund an der UAM einer operativen Therapie unterzogen. Die erhobenen Daten werden analysiert und sich daraus ergebende Schlussfolgerungen werden formuliert.

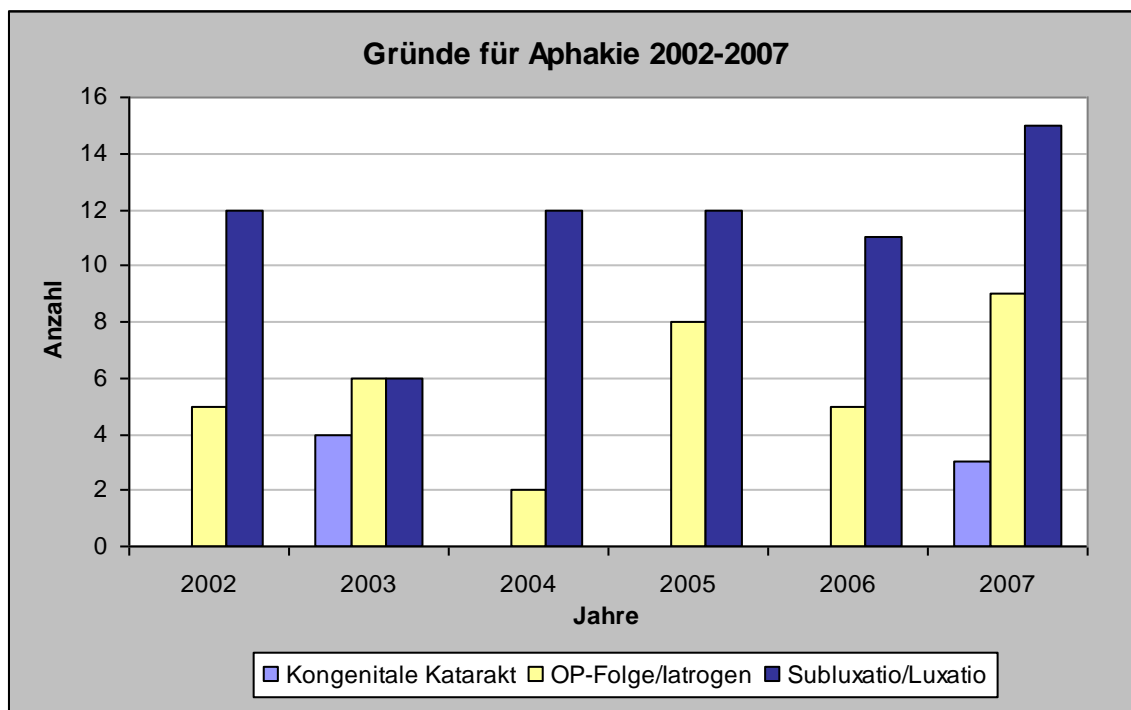
#### 6.3.1. Gründe für Aphakie

Ein wichtiges Anliegen dieser Arbeit ist die Analyse der Ursachen für Aphakie im Beobachtungszeitraum. 105 Patienten kamen in den letzten sechs Jahren mit einer Aphakie in 110 Augen in die UAM, um die aus unterschiedlichsten Gründen bestehende Linsenlosigkeit therapieren zu lassen. Um eine erste Übersicht zu erhalten, wird zunächst in die drei Hauptursachen-Kategorien kongenitale Katarakt, OP-Folge/iatrogen und Luxationen der Linse eingeteilt und über die Zeit verglichen. Später wird dann im Detail auf die einzelnen Kategorien eingegangen.

Aphakie-Ursachen Beobachtungszeitraum	Kongenitale Katarakt		OP-Folge / iatrogen		Subluxatio / Luxatio		Summe Augen	
	*	**	*	**	*	**	*	**
2002	0	0,00	5	4,55	12	10,91	17	15,45
2003	4	3,64	6	5,45	6	5,45	16	14,55
2004	0	0,00	2	1,82	12	10,91	14	12,73
2005	0	0,00	8	7,27	12	10,91	20	18,18
2006	0	0,00	5	4,55	11	10,00	16	14,55
2007	3	2,73	9	8,18	15	13,64	27	24,55
Summe Augen	7	6,36	35	31,82	68	61,82	110	100,0
* = absolut   ** = in %								

Tabelle 3: Gründe für Aphakie.

Tabelle 3 und Abbildung 8 geben Aufschluss über die Verteilung der Aphakie-Ursachen der Jahre 2002-2007.



**Abbildung 8: Gründe für Aphakie.**

Zunächst einmal fällt auf, dass die Anzahl der behandelten Aphakie-Patienten in diesem relativ kurzen Beobachtungszeitraum in etwa konstant geblieben ist. Lediglich im Jahr 2007 wurden auffallend mehr linsenlose Patienten einer Operation zugeführt, nämlich rund 25% aller insgesamt untersuchten Fälle.

#### 6.3.1.1. Aphakie aufgrund einer kongenitalen Katarakt

Wie aus Tabelle 3 und Abbildung 8 ersichtlich, traten in den letzten sechs Jahren 7 Fälle einer Aphakie aufgrund einer kongenitalen Katarakt auf, die eine sekundäre Linsenimplantation nötig machten. Dies entspricht in etwa 6% aller in diesem Zeitraum behandelten Linsenlosigkeiten. Es handelt sich dabei um 5 Patienten, von denen bei zweien beide Augen betroffen waren.

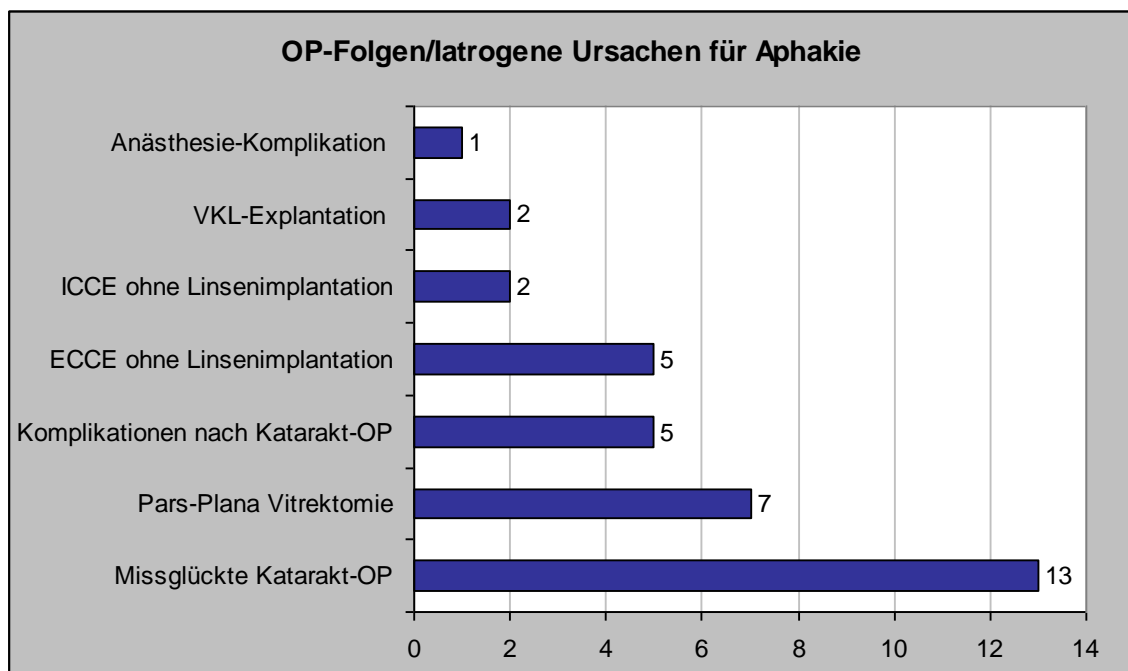
Das Alter der Patienten zum Zeitpunkt der Operation variierte dabei stark von 6 bis 64 Jahre (im Mittel 34,6 Jahre). Diese große Altersspanne kommt zustande, da zum einen Kinder behandelt wurden (2 Augen), die einige Jahre nach der Linsenexplantation und anschließender Kontaktlinsenkorrektur eine intraokulare Linse eingesetzt bekamen und zum anderen Erwachsene (5 Augen), die jahrelang das Refraktionsdefizit mit einer

Brille oder mit Kontaktlinsen ausgeglichen haben und dies aus unterschiedlichen Gründen jetzt nicht mehr können oder wollen. So kam es zum Beispiel bei einem Patienten nach jahrelangem Tragen von Kontaktlinsen zu einer Unverträglichkeit, die einen Wechsel zu einer intraokularen Behandlungsoption nötig machte. Ein anderer Patient war durch Berichte auf die modernen, intraokularen Linsen aufmerksam geworden mit denen man heutzutage den Zustand der Aphakie beheben kann und von denen er sich größeren Komfort und ein gutes Sehergebnis versprach.

#### 6.3.1.2. OP-Folge / Iatrogen entstandene Aphakie

Eine mit rund 32% weitaus häufigere Ursache für Linsenlosigkeit ist mit insgesamt 32 Patienten und 35 Augen in den Jahren 2002-2007 ein operativer Eingriff am Auge bzw. ein iatrogenes Geschehen.

Die Gründe für das Entstehen oder Belassen einer Aphakie in dieser Gruppe sind heterogen. Sie reichen von Operationskomplikationen über einen bewusst herbeigeführten Zustand zur Durchführung einer Therapie (zum Beispiel einer Vitrektomie) bis an die Grenzen der modernen Ophthalmochirurgie, wenn eine erfolgreiche Implantation einer Intraokularlinse nicht mehr möglich scheint. Eine Zusammenfassung der beobachteten Ursachen für eine Aphakie, die direkt oder indirekt mit einem operativen Eingriff in Zusammenhang stehen, gibt Abbildung 9.



**Abbildung 9: Operationsfolgen / Iatrogene Ursachen für Aphakie.**

Der bei weitem häufigste Grund für eine iatrogen entstandene Linsenlosigkeit ist eine missglückte Katarakt-Operation. In unserem Patientenkollektiv waren immerhin 13 Augen und damit 37% aller iatrogen entstandener Aphakien von einer solchen Komplikation während eines Standard-Eingriffes zur Behandlung des Grauen Stars betroffen.

In einigen Fällen kam es während der Operation zu einer Linsenkapselruptur. Diese nicht ganz seltene Komplikation führt zu verschiedenen Schwierigkeiten bei der Implantation einer „in-the-bag“ Hinterkammerlinse. So kam es zum Beispiel zu Verlusten von Linsenanteilen, sowohl aus dem Linsenkern, als auch aus der Rinde in den Glaskörperraum, die eine Vitrektomie erforderlich machten. Die Linsenreste müssen möglichst vollständig geborgen werden, um die Entstehung eines phakolytischen Glaukoms oder einer Glaskörperblutung zu vermeiden.

Handelte es sich nur um einen kleinen Riss in der Kapsel wurde in einigen Fällen versucht, dennoch eine Linsenimplantation vorzunehmen. Dieses Vorgehen birgt allerdings das Risiko einer intraoperativen bzw. unmittelbar postoperativen IOL-Luxation in den Glaskörperraum. Ein weiterer Grund für eine Dislokation einer gerade implantierten Linse mitsamt des Kapselsacks war das Auftreten eines Glaskörperprolapses.

Im weitesten Sinne noch mit in diese Gruppe zu zählen sind Komplikationen, die nach einer Katarakt-Operation aufgetreten sind und in 5 weiteren Augen (14%) unseres Kollektivs zu einer Aphakie führten. Im Einzelnen zu nennen sind hier die exogene (durch die Operation erworbene) Endophthalmitis, sowie die Luxation der gerade eingesetzten Intraokularlinse wenige Stunden bis Wochen nach deren Implantation. Luxationen, die länger als einen Monat nach dem Implantationsdatum auftraten, werden zu den Dislokationen gerechnet und dort besprochen, da sie nicht mehr unmittelbar mit dem Eingriff in Verbindung gebracht werden können.

In 7 Augen (20%) wurde nach einer ICCE oder ECCE aus unterschiedlichsten Gründen zunächst auf eine Linsenimplantation verzichtet. Dies traf zum Beispiel auf einen Patienten zu, bei dem es intraoperativ zu einer Zonulolyse bei Pseudoexfoliationssyndrom kam. Bei einem anderen Patienten wurde aufgrund einer Kapselruptur eine intrakapsuläre Kataraktextraktion durchgeführt und (aus unbekanntem Grund) ebenfalls keine Linse implantiert. In diese Gruppe der Kataraktoperierten ohne sofort nachfolgende Linsenimplantation gehören auch Patienten, die noch in einer Zeit oder an einem Ort operiert wurden, als intraokulare Linsen noch nicht so weit verbreitet und vielseitig einsetzbar waren. Dies trifft auf einige ältere Patienten, sowie auf einen in Russland operierten Patienten zu.

Eine mit 7 betroffenen Augen (20%) ebenfalls häufige Ursache für die iatrogene Entstehung einer Linsenlosigkeit ist die Notwendigkeit eine Pars-plana Vitrektomie durchzuführen. Dabei wurde die Linse entweder direkt entfernt, um eine bessere Sicht auf den Glaskörperraum zu erhalten oder aber sie wurde durch den Eingriff selbst gelockert und aus ihrer Position gebracht. Die häufigsten Gründe für eine solche Vitrektomie waren Ablationes (Netzhautablösungen), Glaskörper-Blutungen und Makularotationen bei altersbedingter Makuladegeneration.

Mit 2 Augen (6%) aus unserer Beobachtungsgruppe gehört die Explantation einer Vorderkammerlinse aufgrund von Komplikationen zu den eher seltenen Gründen für eine Aphakie im beobachteten Zeitraum. Die Vorderkammerlinsen mussten aufgrund einer Hornhaut-Dekompensation und/oder eines Glaukoms entfernt werden. Ein Ersatz durch eine Hinterkammerlinse sollte erst erfolgen, nachdem das betroffene Auge behandelt und wieder eine stabile Situation hergestellt wurde.

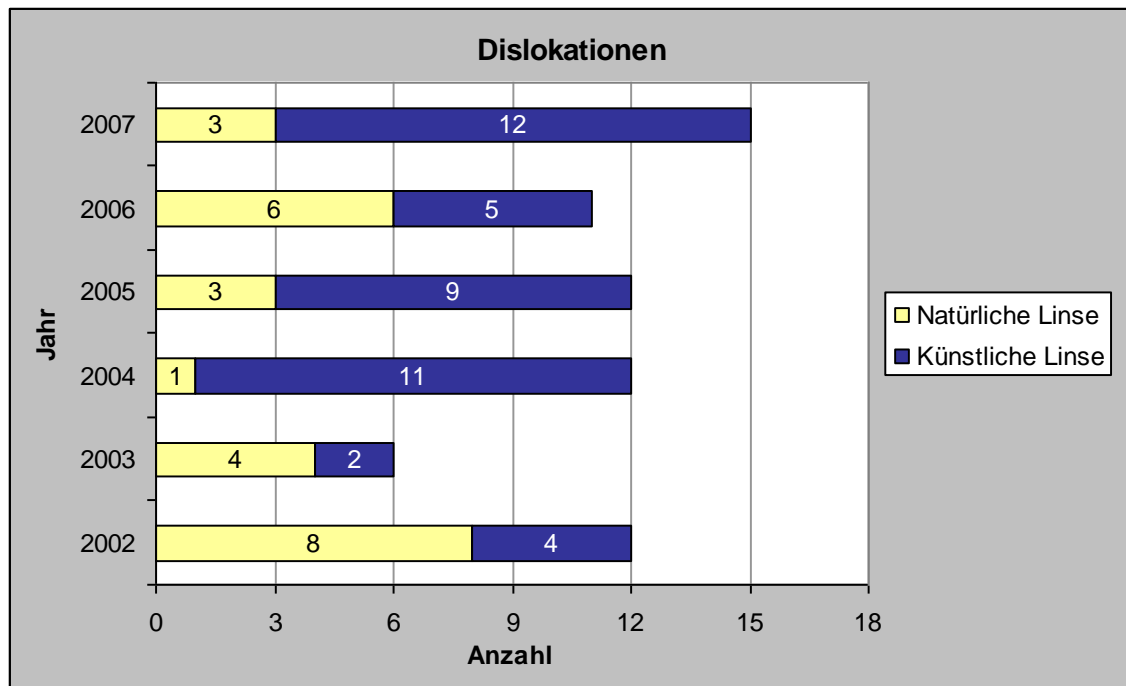
In einem Auge (3%) war eine Anästhesie-Komplikation die Ursache für eine Aphakie. Bei einer Retrobulbäranästhesie kam es zu einer perforierenden Verletzung, die eine Lentektomie und eine Pars-plana Vitrektomie nötig machte.

#### 6.3.1.3. Optische Aphakie aufgrund einer Linsenluxation (Natürliche Linse / IOL)

Die mit Abstand bedeutendste Aphakie-Ursache in unserem Kollektiv sind mit rund 62% die Linsenluxationen, wie aus Tabelle 3 und Abbildung 8 hervorgeht.

Im Beobachtungszeitraum waren an der UAM insgesamt 67 Patienten und 68 Augen von einer solchen Linsenluxation betroffen. In 25 Augen dislozierte die natürliche Linse, in weitaus mehr, nämlich in 43 Augen war eine Intraokularlinse betroffen. Das bedeutet, dass über die Hälfte, nämlich 63% aller im beobachteten Zeitraum aufgetretener Luxationen, implantierte Kunstlinsen betraf. Abbildung 10 stellt die Anzahl der Dislokationen in den Jahren 2002-2007 insgesamt, sowie die jeweilige Verteilung von natürlichen zu künstlichen, betroffenen Linsen dar.





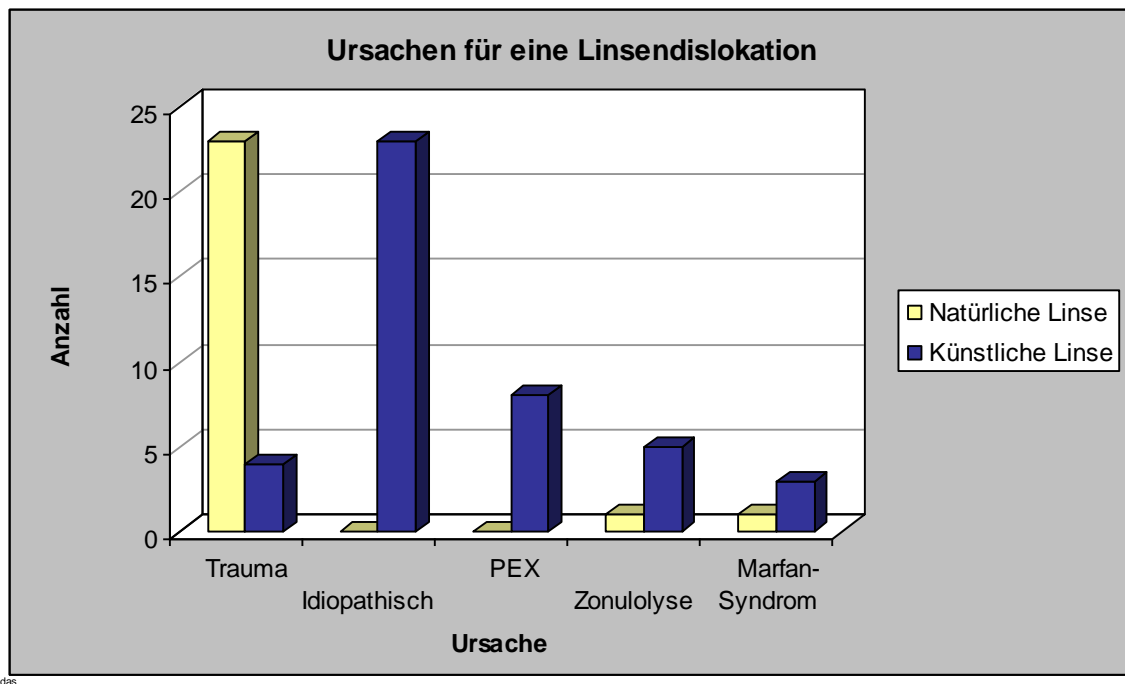
**Abbildung 10: Dislokationen von natürlichen und intraokularen Linsen im Vergleich.**

Die häufigste Ursache für eine solche Dislokation ist ein Trauma des Auges, durch das die Linse geschädigt und/oder dezentriert wird. Dies war bei 27 Patienten und damit bei rund 40% aller Dislokationen der Fall.

Einige Patienten erlitten eine Contusio bulbi, die eine Linsendislokation und in den meisten Fällen noch weitere Folgen wie einen Glaskörperprolaps, eine Glaskörperblutung oder eine Verletzung von Hornhaut und Iris nach sich zogen. Zu einer derartigen Bulbusprellung mit anschließendem Linsenverlust kam es in einem Fall durch einen Sturz vom Fahrrad, in einem anderen Fall war es eine ältere Person die gestürzt war. Bei einem Gartenunfall kam es zu einer Bulbusberstung und ein weiterer Patient hatte beim Tennisspielen den Ball ins Auge bekommen.

Ein anderer Teil des Patientenkollektivs erlitt eine penetrierende bzw. perforierende Bulbusverletzung, die in unterschiedlicher Zusammensetzung vergesellschaftet war mit Hornhaut-, Iris- und Linsenverletzungen. Aber auch Retinaschäden sind vereinzelt aufgetreten. Dies war zum Beispiel bei einem Kind der Fall, dass sich beim Spielen mit einer Schere verletzte. Ähnlich schwere Verletzungen erlitten Patienten durch Messer oder Nadel. War ein (fliegendes) spitzes Objekt die Ursache der Bulbusperforation, ist häufig später ein Fremdkörper im hinteren Augenabschnitt zu finden und zu entfernen gewesen. Dies war zum Beispiel bei einem Handwerker der Fall, dem bei der Arbeit Metallsplitter ins Auge gelangt waren, sowie bei einem Patienten, dem eine Glasflasche in der Hand explodierte und mehrere, kleine Glassplitter ins Augeninnere gelang-

ten. Wurde ein Fremdkörper im Auge vermutet oder gesehen, erfolgte eine Vitrektomie mit vollständiger Entfernung aller intraokularen Fremdkörper, um der Entstehung einer Entzündung, Fremdkörperreaktion, Blutung oder Netzhautschädigung vorzubeugen. Die Verletzungsmechanismen sind so vielseitig, dass nur einige wenige exemplarisch Erwähnung finden konnten. Die Folge eines solchen Bulbus-Traumas ist meist eine Aphakie, da entweder der Halteapparat der Linse (die Zonulafasern) zerstört wird oder aber die Linse (unabhängig von ihrem Zustand) entfernt werden muss, um Verletzungen im hinteren Augenabschnitt versorgen zu können. Welch bedeutenden Anteil traumatische Augenverletzungen an der Gesamtheit aller Linsenluxationen ausmachen, zeigt Abbildung 11. Auffällig ist auch, dass ein Großteil der traumatischen Dislokationen die natürliche Linse betreffen. Ein Trauma des Auges ist mit Abstand die häufigste Ursache für den Verlust der natürlichen Linse.



**Abbildung 11: Ursachen für eine Linsendislokation.**

Wie ebenfalls aus Abbildung 11 ersichtlich sind idiopathische Linsenluxationen, also Luxationen ohne (bisher) erkennbaren Grund mit 23 Augen und damit rund 34% der zweithäufigste Grund für eine relevante Dezentrierung bzw. Luxation der Linse.

In diese Kategorie gehören aus unserem Kollektiv ausschließlich Patienten mit einer intraokularen, also künstlichen Linse. Anscheinend besteht aus bisher noch unbekanntem Grund ein erhöhtes Risiko der Linsenluxation für künstliche Linsen. Möglicherweise lockern sich die IOLs im Laufe der Jahre durch die täglichen Belastungen und es handelt sich somit um eine Alterserscheinung. Tatsache ist, dass bei vielen betroffenen

Patienten bereits vorher aufgrund einer (Sub-) Luxation ein oder mehrere Linsenrepositionsversuche unternommen worden waren und es sich bei diesen idiopathischen Luxationen häufig um Reluxationen handelt. Möglicherweise handelt es sich hierbei um Augen, bei denen eine suboptimale, operative Befestigungsmethode für die jeweils spezielle Situation im Auge gewählt wurde.

Etwa 12% aller Linsendislokationen und damit 8 Augen liegt ein Pseudoexfoliationssyndrom zugrunde. Typischerweise betrifft dies ebenfalls vor allem Patienten mit IOLs, wie aus unserem Kollektiv ersichtlich wird. Möglicherweise hat es damit zu tun, dass Patienten mit PEX-Syndrom häufiger und früher einen Linsenersatz aufgrund einer Katarakt benötigen und dieser aufgrund der Erkrankung eine verkürzte Stabilität aufweist. Durch ständig neue Ablagerungen extrazellulären, fibrillären Matrixmaterials auf Linse und Zonulafasern werden sowohl die IOL als auch der Halteapparat stärker belastet und arrodirt als bei Patienten ohne PEX-Syndrom und auch eine zunächst gut sitzende Intraokularlinse kann im Verlauf in den Glaskörper luxieren. In einigen Augen handelte es sich um die Luxation einer Linse inklusive des Kapselsackes in den sie implantiert wurde, aber auch andere Linsentypen, wie zum Beispiel Sulcuslinsen, sind bei Patienten mit Pseudoexfoliationssyndrom aus ihrer Position geraten.

In 6 Augen (9%) aller Dislokationsfälle ist eine Zonulolyse (ohne bekanntes PEX-Syndrom) der Grund für den Linsenverlust. In einem Fall kam es nach Katarakt-Operation mit „in-the-bag“- Linse bei vorbestehender Lentodonesis (Linsenschlottern) zu einem Kapselsack-Ausriss. In einem anderen Fall war eine Sulcuslinse aufgrund einer entstandenen Zonulainsuffizienz in den Glaskörper gefallen.

Mit 4 Augen, das heißt einem Anteil von 6% aller Dislokationen gehört das Marfan-Syndrom zu den selteneren Ursachen einer durch eine Linsenluxation verursachten Aphakie.

Für das Marfan-Syndrom ist die Luxation der natürlichen Linse typisch und häufig, da auch der Halteapparat der Linse von der Bindegewebsschwäche betroffen ist. Wie ein Fall zeigte, kann dieses Problem aber nicht immer durch eine IOL-Implantation behoben werden, da auch andere bindegewebige Strukturen des Auges, wie z.B. die Sklera, Veränderungen aufweisen können. Der besagte Patient erhielt eine nahtfixierte Linse, die mehrfach subluxierte und jedes Mal wieder refixiert wurde bis sie schließlich aufgrund rezidivierender Ablationes endgültig explantiert werden musste.

### 6.3.2. Eingesetzte Therapien

Nachdem im vorangegangenen Kapitel die Ursachen für eine Aphakie dargestellt und deren jeweilige Häufigkeit bestimmt wurde, beschreibt das nun folgende Kapitel die verwendeten chirurgischen Therapieoptionen. Dabei können zwei Gruppen von operativen Interventionen unterschieden werden: Die sekundären Linsenimplantationen und die Linsenrepositionierungen.

Für die sekundäre Linsenimplantation kamen retropupillar irisfixierte Linsen, skleranahtfixierte Linsen und sulcusfixierte Linsen zum Einsatz. In einem Einzelfall wurde eine Kapselsacknaht-Fixation vorgenommen. Insgesamt wurden 98 Augen (89%) aller aphaker Patienten unseres Kollektivs mit einer Intraokularlinsen-Implantation behandelt. Bei allen IOL-Implantationen wurde eine Vorderkammerinfusion eingesetzt. Eigneten sich Befund und künstliche Linse des Auges für eine Refixation, wurde eine solche durchgeführt. Dies waren 12 Augen, also 11% aller insgesamt durchgeführten Therapien.

Eine Übersicht über die verwendeten Linsentypen und die durchgeführten Repositionen in den Jahren 2002-2007 an der UAM geben Abbildung 12 und Tabelle 4.

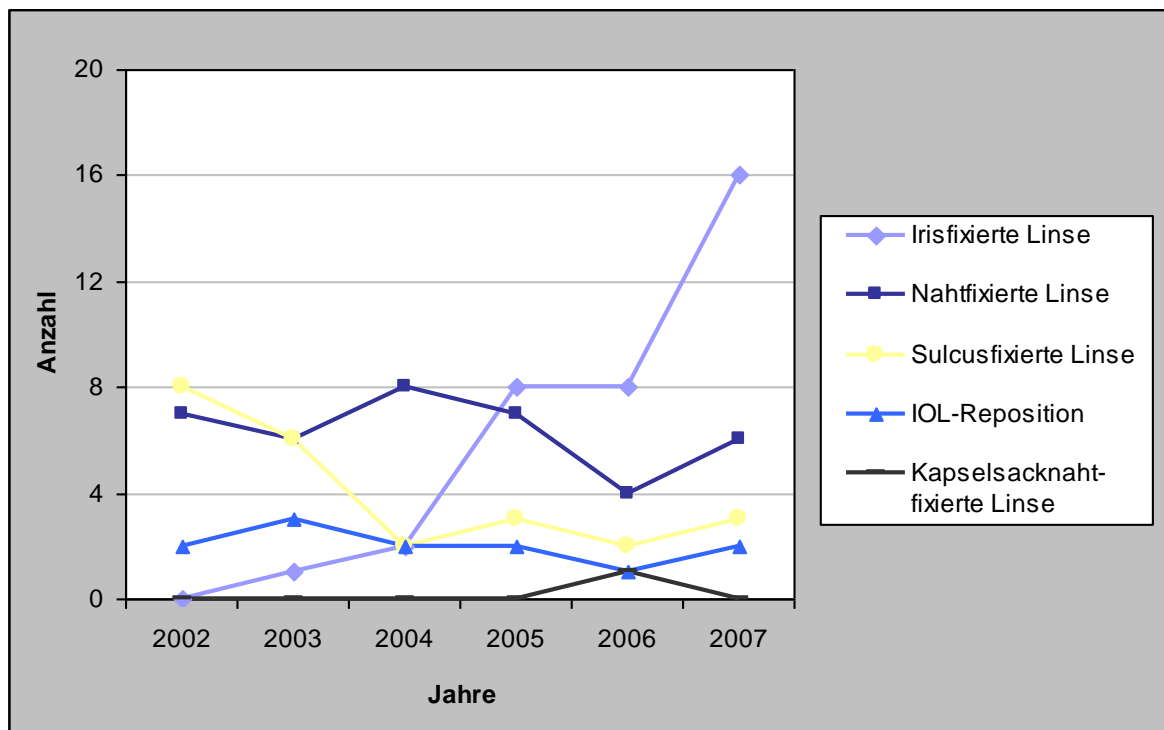


Abbildung 12: Bei Aphakie eingesetzte Therapien.

Typ	Irisfixierte Linse		Nahtfixierte Linse		Sulcusfixierte Linse		IOL- Reposition		Kapselsack- naht-Fixation		Summe Augen	
Jahr	*	**	*	**	*	**	*	**	*	**	*	**
2002	0	0,00	7	41,18	8	47,06	2	11,76	0	0,00	17	15,45
2003	1	6,25	6	37,50	6	37,50	3	18,75	0	0,00	16	14,54
2004	2	14,29	8	57,14	2	14,29	2	14,29	0	0,00	14	12,72
2005	8	40,00	7	35,00	3	15,00	2	10,00	0	0,00	20	18,18
2006	8	50,00	4	25,00	2	12,50	1	6,25	1	6,25	16	14,54
2007	16	59,26	6	22,22	3	11,11	2	7,41	0	0,00	27	24,54
Summe Augen	35	31,82	38	34,55	24	21,82	12	10,91	1	0,91	110	100,0
* = absolut   ** = in %												

**Tabelle 4: Bei Aphakie angewandte Therapien.**

Die im beobachteten Zeitraum am häufigsten eingesetzte Linse ist mit insgesamt 38 Implantationen die nahtfixierte Linse. Das entspricht einem Anteil von rund 35% an allen Therapieoptionen. Sie zeigt über die Jahre einen stabilen Verlauf, weist also weitgehend konstante, absolute Implantationszahlen auf. Prozentual gesehen nimmt der Einsatz der nahtfixierten Linse jedoch ab. 2002 waren 41% aller Interventionen skleranahtfixierte Linsen, 2004 waren es sogar 57% und 2007 machten sie nur noch 22% aus. Mit 4 Implantationen (67%) ist die nahtfixierte Linse außerdem die am häufigsten eingesetzte Linse bei Kindern.

Die in 35 Augen eingesetzte Iris-Klauen-Linse ist mit einem Anteil von rund 32% die am zweithäufigsten verwendete Linse über die Jahre. Seit der Entwicklung der retropupillaren Fixation zur Aphakiekorrektur im Jahr 2000 verzeichnen die Implantationszahlen absolut einen stetigen Anstieg. Diese Tatsache spiegelt sich auch im kontinuierlich zunehmenden, prozentualen Anteil der Irislinsen an allen durchgeführten Interventionen zur Aphakie-Beseitigung wieder. Wurde im Jahr 2002 noch keine irisfixierte Hinterkammerlinse verwendet (0%), waren es im Jahre 2007 16 Stück und das entspricht 59% aller Interventionen in diesem Jahr.

Bei den Sulcuslinsen, die insgesamt in 24 aphake Augen (22%) platziert wurden, gingen die Implantationszahlen ab dem Jahr 2004 deutlich zurück. Auch prozentual gesehen kam es über die Jahre zu einer stetigen Abnahme von sulcusfixierten Linsen bei der Aphakie-Therapie. Machten sie im Jahr 2002 noch 47% aus, waren es 2007 nur noch 11% aller durchgeführten Interventionen.

In insgesamt 12 Augen wurde eine Intraokularlinse refixiert, was rund 11% aller Eingriffe zur Behebung der Aphakie ausmacht. Zwei dieser Repositionen wurden bei Kindern

durchgeführt. Die Anzahl der durchgeführten Repositionen ist über die Jahre weitgehend konstant geblieben. Im prozentualen Vergleich haben die Repositionen aber über die Jahre leicht abgenommen. Waren in den Jahren 2002-2005 mindestens 10% aller Interventionen Linsenrefixationen, sind es in den Jahren 2006 und 2007 lediglich noch 6-8% gewesen. Dass es in den letzten sechs Jahren zu einer (leichten) prozentualen Abnahme der Repositionen kam, kann verschiedene Gründe haben, auf die im Kapitel „Diskussion“ näher eingegangen wird.

Im Schnitt dislozierten die IOLs 98 Monate nach ihrer Implantation, was bedeutet, dass die Kunstlinsen unabhängig vom Linsentyp im Schnitt 8 Jahre lang in ihrer regelrechten Position verblieben.

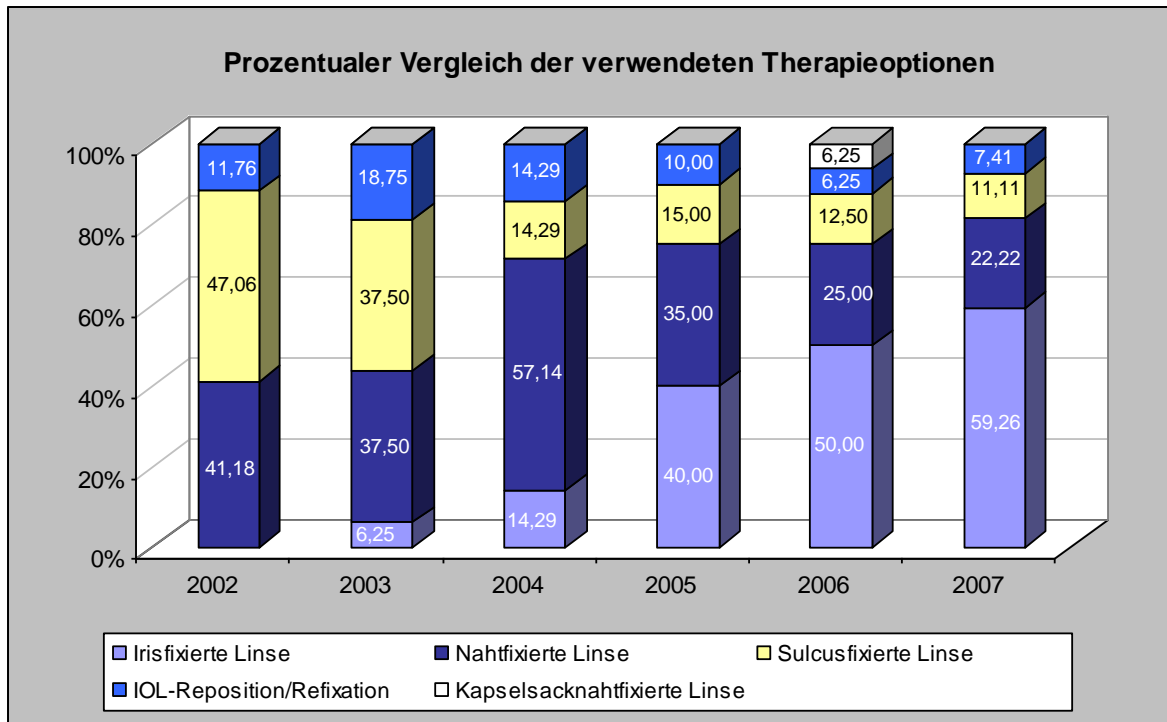
In den Jahren 2002-2007 mussten insgesamt 2 Iris-Klauen-Linsen (17%) repositioniert werden. Allerdings finden solche Linsen auch noch nicht lange Anwendung, so dass es nur wenige Patienten gibt, die eine irisfixierte Linse bereits länger als 8 Jahre im Auge tragen. Im Vergleich dazu machten nahtfixierte Linsen 5 der insgesamt 12 IOL-Refixationen (42%) aus und 3 Repositionen (25%) wurden bei sulcusfixierten Linsen nötig. Außerdem wurden je eine „in-the-bag“- Linse (8%) und eine Binkhorstlinse (8%) nach Dislokation refixiert.

In einem Sonderfall im Jahr 2006 wurde eine „in-the-bag“- Linse durch eine Kapselsack-Naht refixiert. Wie an der Fallzahl von 1 ersichtlich, zählt diese Methode nicht zu den Standard-Optionen und soll hier lediglich am Rande Erwähnung finden.

An den vorgestellten Zahlen und der Abbildung 13 ist deutlich ersichtlich, dass die operative Therapie der Aphakie sich in einem ständigen Wandel befindet. Es werden immer neue Linsentypen entwickelt, Operationsmethoden verbessert und moderneres Material eingesetzt.

Die wohl bedeutendste Veränderung in der Therapie der Linsenlosigkeit in den letzten Jahren kam durch die Entwicklung der retropupillaren Implantationsmethode für irisfixierte Linsen zustande. Im beobachteten Zeitraum konnte sich die Iris-Klauen-Linse als eine wichtige Technik in der Aphakietherapie etablieren: Angefangen mit einigen wenigen Implantationen (11 Augen) in den Jahren 2002-2004, wurde sie in den Jahren 2006 und 2007 bereits in über 50% der Fälle (24 Augen) eingesetzt. Der Erfolg der irisfixierten Linse bedeutet gleichzeitig eine Abnahme der anderen beiden Linsentypen. Die Skleranahtfixation verliert im Vergleich der Jahre 2002 zu 2007 rund 19%-Punkte am Gesamtanteil der Aphakie-Therapie (2002: 41%, 2007: 22% und damit eine Reduktion von 47% am Gesamtanteil der Aphakie-Therapie), bei der Sulcuslinse sind es sogar 36%-Punkte (2002: 47%, 2007: 11% und somit eine Reduktion von 77% am Ge-

samtanteil der Aphakie-Therapie). Sowohl die nahtfixierten, als auch die sulcusfixierten Linsen kommen somit zunehmend seltener zum Einsatz.



**Abbildung 13: Prozentualer Vergleich der verwendeten Therapieoptionen.**

### 6.3.3. Vergleich der Indikationen / Einsatzgebiete

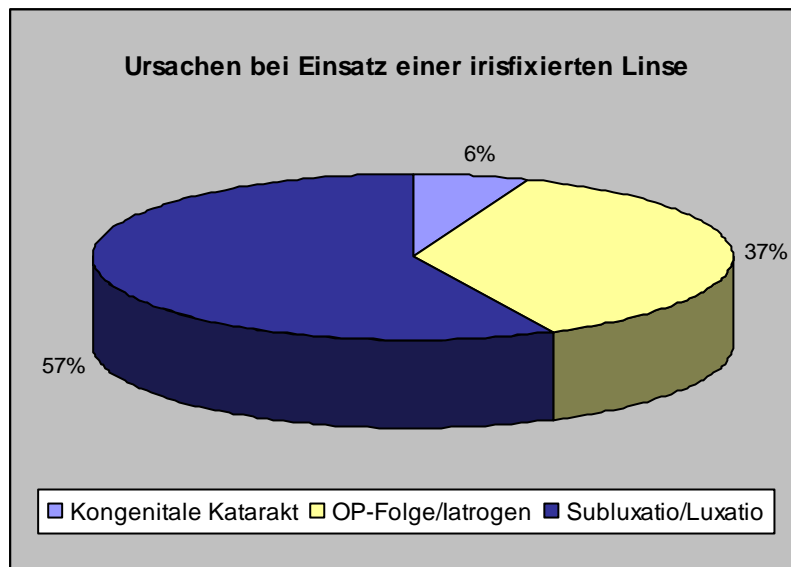
Im folgenden Abschnitt werden die Indikationen für die unterschiedlichen Therapieoptionen dargestellt. Es wird analysiert, ob die Aphakie-Ursache eine Rolle bei der Entscheidung für die eine oder andere Linsenart bzw. Repositionierung spielt, indem zunächst analysiert wird welche Unterschiede es in der Verteilung beim Einsatz der verschiedenen Linsentypen für die unterschiedlichen Aphakie-Ursachen gibt. Es folgt dann eine Quantifizierung der durchgeführten Therapien für die drei Hauptursachengruppen kongenitale Katarakt, Operationsfolge und Luxation.

#### 6.3.3.1. Indikationen der verschiedenen Therapiegruppen

Bei den irisfixierten Linsen stehen Linsluxationen mit 20 Augen (57%) an erster Stelle der Ursachen, die eine Iris-Klauen-Linsen Implantation nötig machten. In 8 Augen handelte es sich um eine idiopathische Linsendislokation, 5 weitere Augen waren von einem Pseudoexfoliationssyndrom betroffen. In 4 Augen kam es zu einer Zonulolyse, in

2 Augen wurde sich nach Trauma für eine irisfixierte Linse entschieden und ein Patient mit Marfan-Syndrom wurde ebenfalls mit einer solchen Linse behandelt.

An zweiter Stelle der Ursachen für eine nachfolgende Irislinsenimplantation stehen mit 13 Augen (37%) die Operationsfolgen, gefolgt von 2 Augen (6%) mit kongenitaler Katarakt (siehe Abbildung 14).



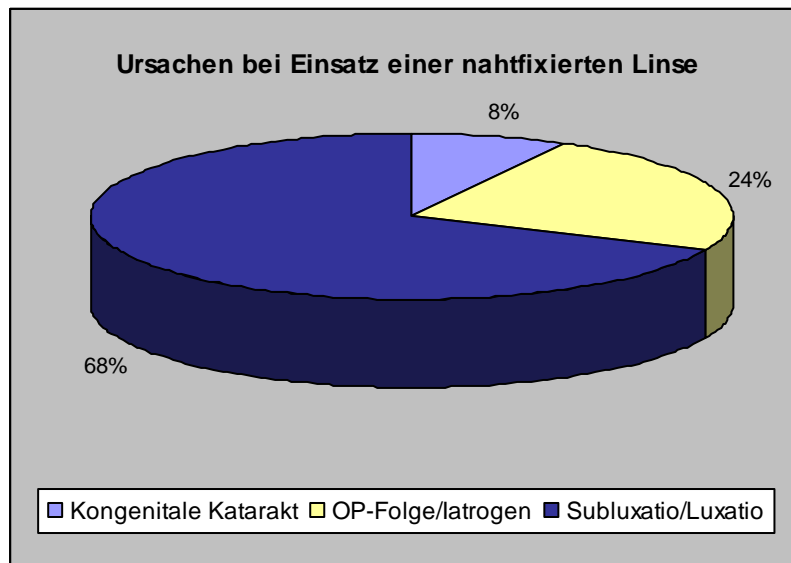
**Abbildung 14: Ursachen bei Einsatz einer irisfixierten Linse.**

Eine ähnliche Verteilung der Ursachen ist auch bei den nahtfixierten Linsen zu beobachten. Mit 26 Augen (68%) sind auch hier Luxationen der häufigste Grund für den Einsatz einer skleranahtfixierten Linse. In 16 Augen kam es durch ein Trauma zu einer solchen Linsendislokation, in 7 Augen ist keine Ursache gefunden worden (idiopathische Luxation). Außerdem gab es je einen Fall einer Zonulolyse, eines Pseudoexfoliationssyndroms und eines Marfan-Syndroms, die zu einer Linsendislokation mit anschließender Implantation einer nahtfixierten Linse führten.

Mit 9 Augen (24%) der zweithäufigste Grund für eine nahtfixierte Linse war eine iatrogen entstandene Linsenlosigkeit. Die restlichen 3 Augen (8%) aller insgesamt eingesetzter, nahtfixierter Linsen hatten eine kongenitale Katarakt in der Anamnese (siehe Abbildung 15).

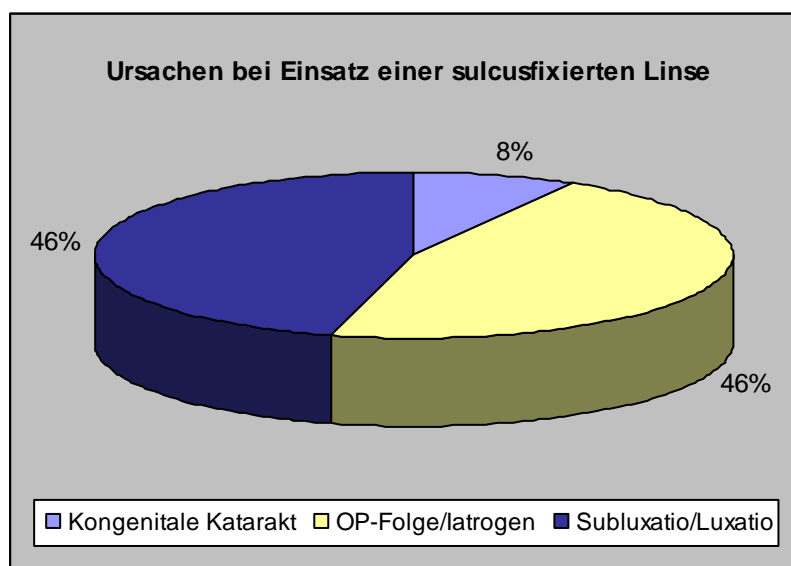
Die Indikationen bzw. Einsatzgebiete für irisfixierte und für nahtfixierte Linsen sind somit fast identisch. Unseren Daten zu Folge wurden die beiden Linsentypen in ähnlichen Verteilungsmustern für die verschiedenen Aphakie-Ursachen eingesetzt.





**Abbildung 15: Ursachen bei Einsatz einer nahtfixierten Linse.**

Bei den sulcusfixierten Linsen sieht die Verteilung der Ursachen, die zum Einsatz einer solchen Linse führten etwas anders aus. Iatrogen entstandene Aphakie und Aphakie aufgrund einer Linsenluxation sind mit je 11 Augen (46%) die häufigsten Indikationen für eine Sulcuslinse. Die verbleibenden 2 Augen (8%) waren Patienten mit kongenitaler Katarakt. Von den Luxationen waren 7 traumatisch bedingt, 3 hatten idiopathische Ursachen und eine war PEX-bedingt. Aufgrund fehlender Kapselreste wurde weder bei Patienten mit Marfan-Syndrom noch bei einer Zonulolyse eine sulcusfixierte Linse eingesetzt (siehe Abbildung 16).



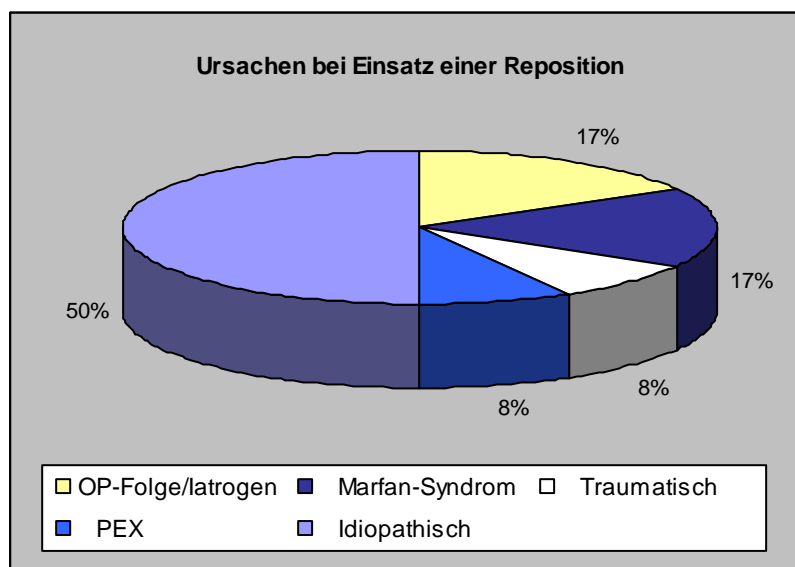
**Abbildung 16: Ursachen bei Einsatz einer sulcusfixierten Linse.**

Auch die Sulcuslinse wurde also für alle drei Ursachen-Kategorien eingesetzt, wobei auffällig viele Linsen dieses Typs für die Korrektur einer Aphakie nach einer Operation bzw. durch ein iatrogenes Geschehen verwendet wurden.

Die kapselsacknahtfixierte Linse wurde nach einer traumatischen Linsenluxation eingesetzt.

Die Gründe, die zu einer optischen Aphakie führten, die mittels Linsenreposition behandelt wurden, sind in Abbildung 17 dargestellt.

17% (2 Augen) sind iatrogen d.h. im Zusammenhang mit einer Operation entstandene Linsenlosigkeiten, die restlichen 83% (10 Augen) sind klassische Linsenluxationen. 6 Augen, also rund 50% dieser Luxationen entfallen auf IOL-Dislokationen deren Ursache nicht bekannt ist, die also idiopathisch sind. 2 Augen (17%) der Repositionsgruppe wiesen ein Marfan-Syndrom als Ursache der IOL-Dislokation auf, 1 Auge (8%) ein Pseudoexfoliationssyndrom. 1 weiteres Auge und damit die restlichen 8% mussten sich nach einem Trauma einer solchen Operation unterziehen.



**Abbildung 17: Ursachen bei Einsatz einer Reposition.**

Grundsätzlich handelt es sich bei den Patienten, die sich einer Refixation ihrer Linse unterziehen, um Patienten mit einer künstlichen Linse. Bei all diesen Patienten wurde eine Intraokularlinse durch die oben genannten Gründe aus ihrer Position gebracht, befindet sich aber noch im Auge und muss lediglich wieder an die korrekte Stelle platziert und dort befestigt werden. Die Ursachenstruktur bei Einsatz einer Reposition ist

also grundsätzlich eine andere, als bei den oben beschriebenen Linsentypen, da sich sowohl der Augenbefund, als auch die sich im Auge befindende, künstliche Linse sich für eine Refixation eignen müssen.

#### 6.3.3.2. Durchgeführte Therapien bei den jeweiligen Ursachen

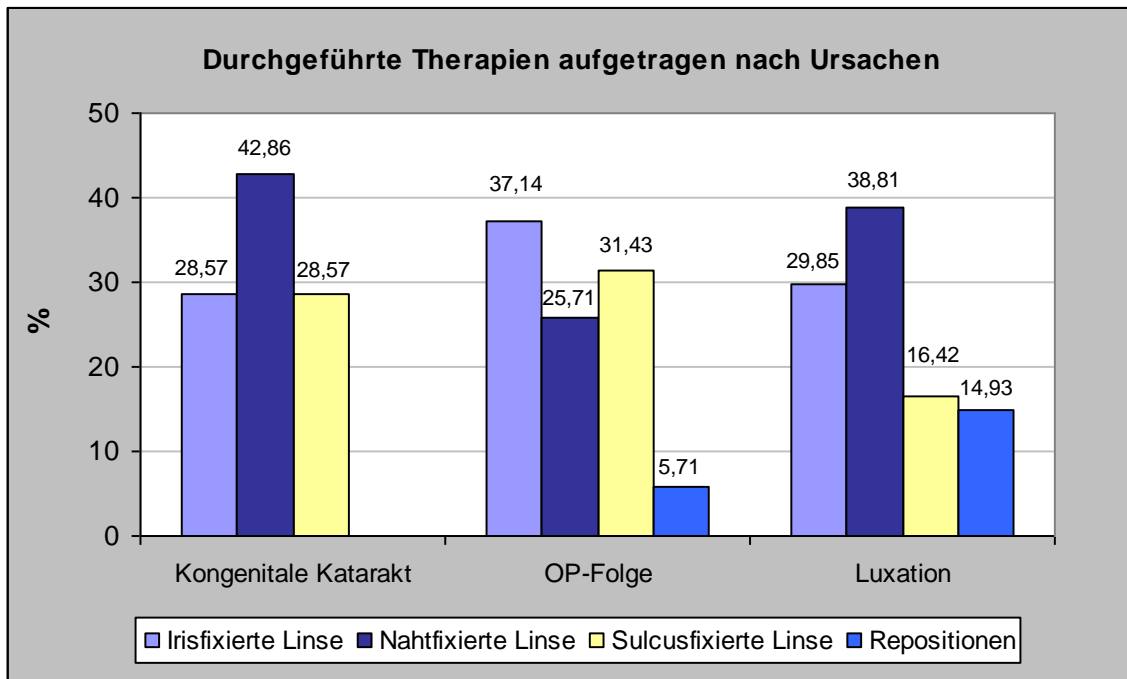
Als nächstes wird beschrieben, welchen Anteil die drei Linsenarten und die Repositionen jeweils an der Therapie der Aphakie nach einer Operation, nach kongenitaler Katarakt und nach Luxation ausmachen (siehe Tabelle 5).

Ursache Typ	Kongenitale Katarakt		OP-Folge		Luxation		Summe Augen	
	*	**	*	**	*	**	*	**
Irisfixierte Linse	2	28,57	13	37,14	20	29,85	35	31,82
Nahtfixierte Linse	3	42,86	9	25,71	26	38,81	38	34,55
Sulcuslinse	2	28,57	11	31,43	11	16,42	24	21,82
Repositionen	0	0,00	2	5,71	10	14,93	12	10,91
Summe Augen	7	100,0	35	100,0	67	100,0	109	100,0
* = absolut   ** = in %								

**Tabelle 5: Durchgeführte Therapien aufgetragen nach Ursachen.**

Da die Linsenluxation mit 62% die am häufigsten aufgetretene Ursache für eine Aphakie ist, soll die hierbei zur Anwendung gekommene Therapien-Verteilung zuerst betrachtet werden. Von insgesamt 68 Augen mit Linsendislokationen wurden 57 (85%) mittels Intraokularlinsen-Implantation behandelt, die restlichen 10 Augen (15%) wurden mittels Repositionierung therapiert.

Wie aus Abbildung 18 ersichtlich, war die am häufigsten verwendete Linse mit 26 Augen (39%) die nahtfixierte IOL, gefolgt von der irisfixierten Linse mit 20 Augen (30%) und der sulcusfixierten Linse mit 11 Augen (16%). Die nahtfixierte Linse scheint sich bei einem Luxationsbefund am Auge am besten zu eignen, da sie mit einem Abstand von immerhin 9%-Punkten auf die irisfixierten Linsen und 23%-Punkten auf die sulcusfixierten Linsen in unserem Kollektiv eindeutig am häufigsten verwendet wurde. Dies ist unter anderem auch auf die Tatsache zurück zu führen, dass bei Linsenluxationen häufig der Kapselapparat defekt ist und somit eine Sulcuslinse gar nicht eingesetzt werden kann.



**Abbildung 18: Durchgeführte Therapien aufgetragen nach Ursachen.**

Der Patient bei dem nach traumatischer Luxation der Linse eine Kapselsacknaht-Fixation durchgeführt wurde, wird zur Vereinfachung aus dieser Betrachtung ausgeschlossen.

Die mit 32% zweithäufigste Aphakie-Ursache, die Operationsfolge, wurde in 13 Augen (37%) mit einer irisfixierten Linse versorgt. An zweiter Stelle der durchgeführten Therapien steht mit 11 Augen (31%) die Sulcuslinse, gefolgt von der nahtfixierten Linse mit 9 Augen (26%). Bei den restlichen 2 Augen (6%) wurde eine Refixation der Intraokularlinse vorgenommen.

Bei iatrogen verursachter Linsenlosigkeit scheinen sich also irisfixierte Linsen in besonderer Weise zu bewähren, ihr Anteil ist 6%-Punkte größer, als der der sulcusfixierten Linsen. Der Anteil der nahtfixierten Linsen liegt rund 11%-Punkte unter dem der Irislinsen und ist damit bei dieser Aphakie-Ursache auffallend gering.

Bei der Therapie der kongenitalen Katarakt steht die skleranahtfixierte Linse mit 3 Augen (43%) an erster Stelle, gefolgt von den beiden anderen Linsenarten mit je 2 Augen und je 29% Anteil. Da insgesamt nur 7 Augen mit einer Aphakie aufgrund einer kongenitalen Katarakt in den Jahren 2002-2007 behandelt wurden, sind die Angaben, die

bezüglich der Therapie dieses Krankheitsbildes gemacht werden können nur bedingt aussagefähig.

Grundsätzlich scheinen sich alle drei Linsentypen für diesen Einsatzbereich zu eignen, wobei bedacht werden muss, dass das Patientenkollektiv eher heterogen ist (insbesondere in Bezug auf das Alter zum Zeitpunkt der Operation). Die Frage welcher Linsentyp sich bei diesen Patienten im Einzelnen am besten eignet, kann mit dieser retrospektiven Studie nicht eindeutig beantwortet werden.

#### **6.3.4. Ergebnisse bezüglich Refraktion und Visus**

Die primäre Operationsindikation ist eine nicht korrigierte Aphakie, aufgrund welcher die Patienten stark hyperop (weitsichtig) sind, da die Brechkraft ihres linsenlosen Auges nicht ausreicht, um ein scharfes Bild auf der Netzhaut zu produzieren. Die betroffenen Patienten sehen sowohl in der Nähe, als auch in der Ferne unscharf. Das Ziel unserer operativen Interventionen ist somit, die Brechkraft des Auges durch Beseitigung der Linsenlosigkeit zu erhöhen, um möglichst ohne weitere Korrektur (Brille, Kontaktlinse) ein scharfes Sehen zu ermöglichen. Bei der anzustrebenden postoperativen Zielrefraktion sind die Refraktion des Partnerauges sowie weitere Patientencharakteristika (Vorerkrankungen, stattgehabte Operationen etc.) zu berücksichtigen, es handelt sich somit um individuell errechnete bzw. angepasste Werte, die interindividuell sehr unterschiedlich sein können. Da es sich bei allen hier aufgeführten Linsentypen um monofokale IOLs handelt, müsste, bei primär ferndominant korrigiertem Auge, eine Brille für die Nähe getragen werden. Damit die Patienten nach der Operation auch ohne Brille im Endlichen sehen können, liegt die angestrebte Zielrefraktion nach einer Linsenimplantation im leicht myopen Bereich.

Um die Zunahme der Brechkraft des Auges nach dem operativen Eingriff zu verdeutlichen werden das sphärische Äquivalent (also die Brechkraft in dpt, die ein Auge benötigt um Normalsichtig zu sein), sowie die Hornhautverkrümmung (Astigmatismus) vor und nach der Operation quantifiziert. Außerdem werden die biometrisch errechneten Zielrefraktionen mit den tatsächlichen refraktiven Operationsergebnissen verglichen.

Ein weiteres Merkmal einer erfolgreichen Intervention zur Behebung der Aphakie ist ein Anstieg des Visus nach der Operation. Wenn im Folgenden von „Visus“ gesprochen wird, ist grundsätzlich der bestkorrigierte Fernvisus (cc) gemeint, also der maximal mit optischen Hilfsmitteln erreichbare Visus. Deshalb sind auch relativ geringe Visusan-

stiege als Erfolg zu werten, da der postoperative cc Visus ohne oder lediglich mit einer Sehhilfe mit geringer Brechkraft erreicht wird. Die Patienten sind nach der Operation also wesentlich weniger abhängig von optischen Hilfsmitteln, da sie auch ohne diese wieder (scharf) sehen können. Aufgrund der geringeren prismatischen Wirkung von Gläsern mit geringer Brechkraft profitieren Patienten dabei unter anderem auch von einem verbesserten Gesichtsfeld, dies allerdings wurde nicht genauer untersucht bzw. quantifiziert.

#### 6.3.4.1. Refraktionsergebnisse

In der Gruppe mit Implantation einer nahtfixierten Linse betrug das sphärische Äquivalent präoperativ +9,81 ( $\pm 4,43$ ) dpt, d.h. im Mittel benötigten die Patienten eine Sehhilfe mit +10 dpt, um emmetrop (normalsichtig) zu sein. Drei Monate nach der Operation lag der Wert im Schnitt bei - 0,34 ( $\pm 1,28$ ) dpt.

Label	N	Mean	$\pm$ SD	Minimum	Maximum
Sphärisch prä-OP	38	9,81	$\pm 4,43$	-1,25	16,00
Sphärisch 3 Monate post-OP	38	-0,34	$\pm 1,28$	-4,25	2,50
Sphärisch Differenz	38	10,15	$\pm 4,33$	-0,75	18,00

**Tabelle 6: Sphärisches Äquivalent der nahtfixierten Linsen.**

Die präoperative Hornhautverkrümmung lag im Mittel bei - 0,84 ( $\pm 1,19$ ) dpt und 3 Monate nach der Operation bei - 1,22 ( $\pm 1,06$ ) dpt, was eine Veränderung von im Mittel - 0,38 dpt bedeutet. Vor der Operation besaßen bereits 3 Patienten (rund 8%) einen Astigmatismus > 2 dpt, nach der Operation erhöhte sich die Zahl auf 5 Patienten (rund 13%), das heißt es wurde ein Anstieg von 5%-Punkten verzeichnet.

Label	N	Mean	$\pm$ SD	Minimum	Maximum
Cylindrisch prä-OP	38	-0,84	$\pm 1,19$	0	-5,50
Cylindrisch 3 Monate post-OP	38	-1,22	$\pm 1,06$	0	-4,00
Cylindrisch Differenz	38	-0,38	$\pm 1,40$	0	-4,00

**Tabelle 7: Cylindrisches Äquivalent der nahtfixierten Linsen.**

Die angestrebte, postoperative Refraktion betrug im Durchschnitt - 0,43 ( $\pm 0,91$ ) dpt, lag also leicht im myopen Bereich. Die erzielten Werte wichen im Mittel um - 0,59

( $\pm 0,94$ ) dpt von diesem Wert ab (Fehlbestimmung), da im Schnitt eine Refraktion von - 1,03 ( $\pm 1,23$ ) dpt erzielt wurde. Es wurde also insgesamt etwas überkompensiert und die Patienten waren nach der Linsenimplantation etwas kurzsichtiger als angestrebt.

Label	N	Mean	$\pm$ SD	Minimum	Maximum
Ziel-Refraktion	38	-0,43	$\pm 0,91$	-2,70	1,40
Ist- Refraktion	38	-1,03	$\pm 1,23$	-5,60	1,00
Refraktions- Abweichung	38	-0,59	$\pm 0,94$	-3,20	0,70

**Tabelle 8: Refraktionsergebnisse der nahtfixierten Linsen.**

Das mittlere sphärische Äquivalent der Patienten, die eine irisfixierte Linse erhielten, betrug vor der Linsenimplantation + 9,11 ( $\pm 3,01$ ) dpt und 3 Monate nach der Operation - 0,24 ( $\pm 1,96$ ) dpt. Diese Werte sind ähnlich denen der Gruppe mit nahtfixierten Linsen.

Label	N	Mean	$\pm$ SD	Minimum	Maximum
Sphärisch prä-OP	35	9,11	$\pm 3,01$	0	13,00
Sphärisch 3 Monate post-OP	35	-0,24	$\pm 1,96$	-9,00	2,50
Sphärisch Differenz	35	9,35	$\pm 3,61$	0,50	17,75

**Tabelle 9: Sphärisches Äquivalent der irisfixierten Linsen.**

Der Astigmatismus lag präoperativ im Durchschnitt bei - 0,59 ( $\pm 0,7$ ) dpt und 3 Monate postoperativ bei - 1,48 ( $\pm 1,24$ ) dpt, was eine Veränderung von im Mittel - 0,89 ( $\pm 1,26$ ) dpt bedeutet. 2 der Patienten (rund 6%), die mit einer irisfixierten Linse versorgt wurden wiesen bereits präoperativ einen Astigmatismus von  $> 2$  dpt auf, nach der Operation waren es 8 Patienten (rund 23%). Dieser Anstieg um 17%-Punkte liegt deutlich über dem Wert, der in der Gruppe der nahtfixierten Linsen beobachtet wurde.

Label	N	Mean	$\pm$ SD	Minimum	Maximum
Cylindrisch prä-OP	35	-0,59	$\pm 0,70$	0	-2,50
Cylindrisch 3 Monate post-OP	35	-1,48	$\pm 1,24$	0	-4,50
Cylindrisch Differenz	35	-0,89	$\pm 1,26$	0	-1,50

**Tabelle 10: Cylindrisches Äquivalent der irisfixierten Linsen.**

Die angestrebte postoperative Refraktion lag mit im Durchschnitt - 1,22 ( $\pm 1,57$ ) dpt weiter im myopen Bereich, als die Zielrefraktion bei den nahtfixierten Linsen. Die erziel-

te postoperative Refraktion betrug im Mittel - 0,79 ( $\pm$  2,12) dpt und verfehlte somit das errechnete Ziel um im Schnitt + 0,42 ( $\pm$  0,90) dpt. Die Patienten, die sich einer Irislin- sen-Implantation unterzogen waren somit postoperativ ebenfalls myop, aber im Schnitt ca. 0,2 dpt weniger, als Patienten denen eine nahtfixierte Linse eingesetzt wurde.

Label	N	Mean	$\pm$ SD	Minimum	Maximum
Ziel-Refraktion	35	-1,22	$\pm$ 1,57	-9,00	0,30
Ist- Refraktion	35	-0,79	$\pm$ 2,12	-11,20	1,00
Refraktions- Abweichung	35	0,42	$\pm$ 0,90	-2,20	2,10

**Tabelle 11: Refraktionsergebnisse der irisfixierten Linsen.**

Das sphärische Äquivalent betrug in der Gruppe der Sulcuslinsen-Implantationen präoperativ im Mittel + 9,08 ( $\pm$  3,69) dpt. 3 Monate nach der Operation lagen Werte von im Mittel - 0,49 ( $\pm$  1,6) dpt vor, was vergleichbar ist mit den Werten der beiden anderen Linsengruppen.

Label	N	Mean	$\pm$ SD	Minimum	Maximum
Sphärisch prä-OP	24	9,08	$\pm$ 3,69	2,00	15,25
Sphärisch 3 Monate post-OP	24	-0,49	$\pm$ 1,60	-3,25	3,50
Sphärisch Differenz	24	9,57	$\pm$ 3,68	0,50	15,25

**Tabelle 12: Sphärisches Äquivalent der Sulcuslinsen.**

Die Hornhautverkrümmung lag im Schnitt bei - 0,51 ( $\pm$  1,21) dpt vor und bei - 1,61 ( $\pm$  1,78) dpt nach der Operation, was eine Veränderung von - 1,1 ( $\pm$  2,32) dpt bedeutet. Immerhin 4 Patienten (17%) wiesen präoperativ einen Astigmatismus > 2 dpt auf, nach der Operation waren es 7 Patienten (29%). Dies bedeutet einen Anstieg um 12%- Punkte.

Label	N	Mean	$\pm$ SD	Minimum	Maximum
Cylindrisch prä-OP	24	-0,51	$\pm$ 1,21	0	-2,50
Cylindrisch 3 Monate post-OP	24	-1,61	$\pm$ 1,78	0	-8,50
Cylindrisch Differenz	24	-1,10	$\pm$ 2,32	0	-2,50

**Tabelle 13: Cylindrisches Äquivalent der Sulcuslinsen.**

Die angestrebte postoperative Refraktion in dieser Gruppe betrug - 0,88 ( $\pm$  0,59) dpt. Das postoperative refraktive Ergebnis betrug - 1,3 ( $\pm$  1,23) dpt und zeigte damit eine



Abweichung von - 0,41 ( $\pm 1,0$ ) dpt vom angestrebten Wert. Patienten, denen eine Sulcuslinse implantiert wurde, waren also postoperativ etwas myoper, als im Voraus berechnet.

Label	N	Mean	$\pm$ SD	Minimum	Maximum
Ziel-Refraktion	24	-0,88	$\pm 0,59$	-2,10	-0,10
Ist- Refraktion	24	-1,30	$\pm 1,23$	-3,60	1,50
Refraktions- Abweichung	24	-0,41	$\pm 1,00$	-2,20	2,00

**Tabelle 14: Refraktionsergebnisse der Sulcuslinsen.**

In der Gruppe der Linsenrepositionen lag das sphärische Äquivalent präoperativ im Mittel bei + 6,08 ( $\pm 4,73$ ) dpt was schon ein Hinweis darauf ist, dass die Patienten in dieser Gruppe nicht alle vollkommen aphak waren, sondern zumindest bei einigen noch eine Restfunktion der dislozierten Linse vorhanden war oder eine hohe Myopie vorlag. 3 Monate postoperativ lagen die Werte im Schnitt bei - 1,38 ( $\pm 1,94$ ) dpt und damit im Vergleich zu den Linsenimplantationen um mehr als 0,5 dpt weiter im negativen Bereich.

Label	N	Mean	$\pm$ SD	Minimum	Maximum
Sphärisch prä-OP	12	6,08	$\pm 4,73$	-2,00	12,00
Sphärisch 3 Monate post-OP	12	-1,38	$\pm 1,94$	-4,00	1,50
Sphärisch Differenz	12	7,46	$\pm 5,03$	-0,50	14,50

**Tabelle 15: Sphärisches Äquivalent der Repositionen.**

Der Astigmatismus lag präoperativ im Mittel bei 0 ( $\pm 2,09$ ) dpt und postoperativ bei - 1,35 ( $\pm 1,54$ ) dpt, was im Vergleich mit den Linsenimplantationen die größte Veränderung ist. Vor der Operation war bei einem Patienten (rund 8%) ein Astigmatismus > 2 dpt vorhanden gewesen, nach der Operation waren es 2 Patienten (17%).

Label	N	Mean	$\pm$ SD	Minimum	Maximum
Cylindrisch prä-OP	12	0	$\pm 2,09$	0	-6,00
Cylindrisch 3 Monate post-OP	12	-1,35	$\pm 1,54$	0	-6,00
Cylindrisch Differenz	12	-1,35	$\pm 2,39$	0	-5,00

**Tabelle 16: Cylindrisches Äquivalent der Repositionen.**

Eine Zielrefraktion wird bei den Repositionen nicht angegeben, da lediglich eine sich schon im Auge befindliche Linse refixiert wird und damit eine biometrische Berechnung entfällt.

Die statistische Auswertung mittels Varianzanalyse konnte weder bezüglich des sphärischen/cylindrischen Äquivalentes noch bezüglich der Differenz Ist-Refraktion / Zielrefraktion einen signifikanten Unterschied zwischen den OP-Gruppen nachweisen. So ließ sich bezüglich der Refraktionsdifferenz zwischen den verschiedenen Therapiegruppen, welches ein Indikator sowohl für die Genauigkeit der Methode als auch für das postoperative Sehergebnis ist, ein p-Wert von 0,1495 errechnen.

#### 6.3.4.2. Visusergebnisse

Der Visus (cc Fernvisus) vor der Implantation einer nahtfixierten Linse betrug im Mittel 0,3 ( $\pm 0,27$ ) mit einem Minimum von 0,01 und einem Maximum von 1,0. Der Visus direkt postoperativ betrug im Schnitt 0,22 ( $\pm 0,19$ ) und 3 Monate nach dem Eingriff lag er im Mittel bei 0,41 ( $\pm 0,26$ ) mit unverändertem Minimum und Maximum von 0,01 bzw. 1,0. Direkt nach der Operation war also ein leichter Visusverlust von im Mittel - 0,08 ( $\pm 0,29$ ) zu vermerken, der sich nach 3 Monaten in einen Visusgewinn von + 0,1 ( $\pm 0,28$ ) umkehrte (siehe Abbildung 19).

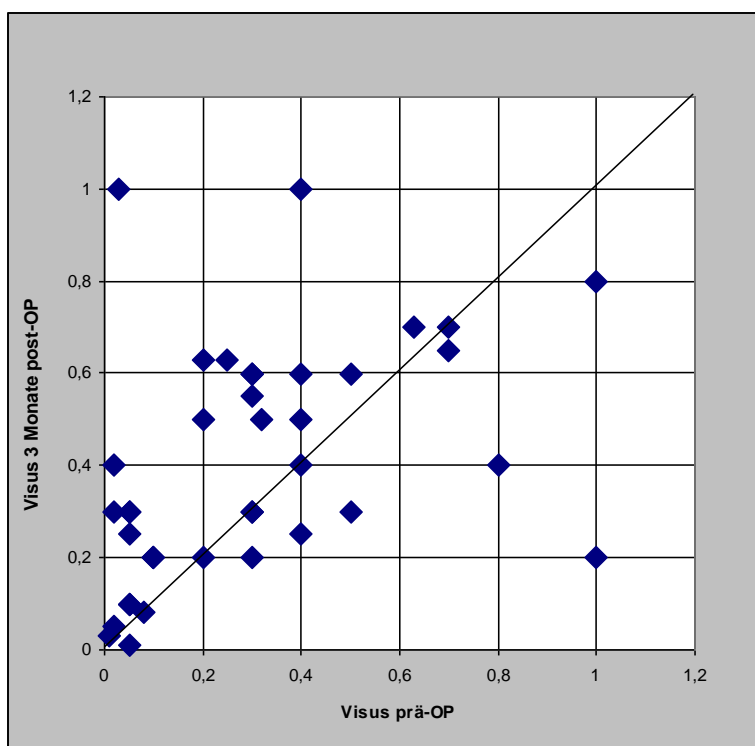
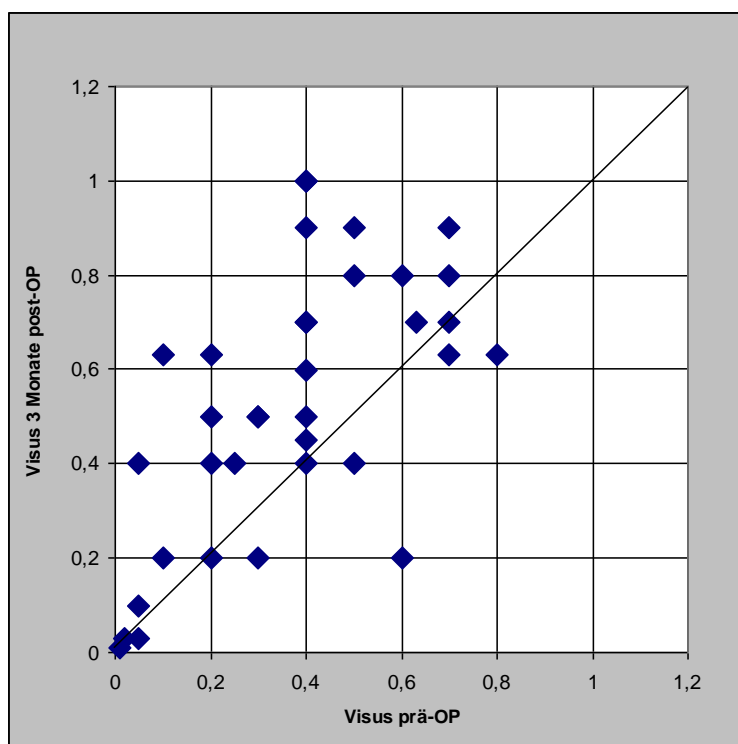


Abbildung 19: Visusveränderungen bei den nahtfixierten Linsen.

In 24 der insgesamt 38 Augen (63%) konnte 3 Monate nach der Operation ein Visusanstieg verzeichnet werden. In 14 Augen (37%) war die Visusveränderung nach 3 Monaten  $> 0,2$  und in 12 Augen (32%) wurde nach 3 Monaten ein Visus  $> 0,6$  erzielt. In 8 Augen (21%) kam es allerdings zu einem Visusverlust von im Mittel 0,24, in weiteren 6 Augen (16%) konnte keine Visusveränderung vermerkt werden.

Der Visus der Patienten, die eine irisfixierte Linse erhielten, betrug vor der Operation im Mittel  $0,37 (\pm 0,22)$  mit einem Minimum von 0,01 und einem Maximum von 0,8. Unmittelbar nach der Linsenimplantation blieb der Visus im Mittel bei  $0,37 (\pm 0,26)$ , also unverändert. 3 Monate nach dem Eingriff konnte ein mittlerer Visus von  $0,53 (\pm 0,28)$  mit einem Minimum von 0,01 und einem Maximum von 1 verzeichnet werden. Das bedeutet einen Visusanstieg von im Mittel  $0,16 (\pm 0,22)$  (siehe Abbildung 20).

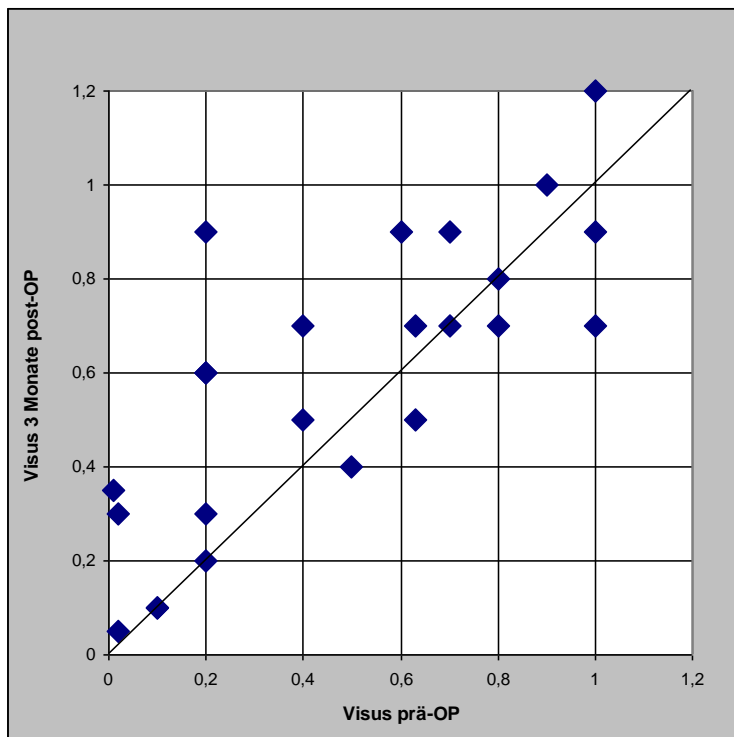


**Abbildung 20: Visusveränderungen bei den irisfixierten Linsen.**

In 25 von insgesamt 35 operierten Augen (71%) konnte nach 3 Monaten eine Visusteigerung nachgewiesen werden, in 17 Augen (49%) war dieser Visusanstieg  $> 0,2$ . 49% der Operierten hatten 3 Monate nach der Linsenimplantation einen Visus  $> 0,6$ . Allerdings kam es in 6 Augen (17%) zu einem Visusverlust von im Mittel 0,13 und in

weiteren 4 Augen (11%) blieb der Visus unverändert im Vergleich zum präoperativen Befund.

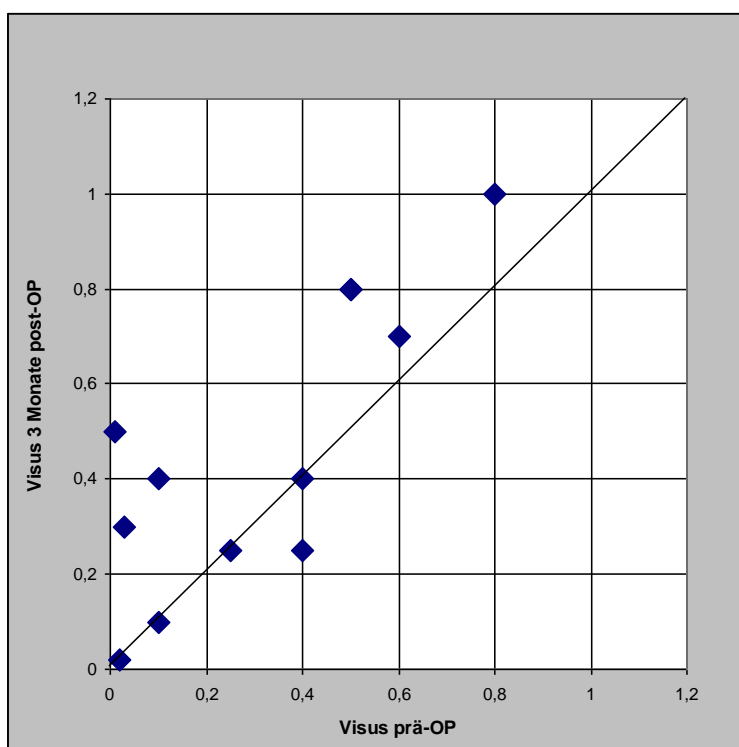
Der präoperative Visus in der Gruppe der Patienten, die eine sulcusfixierte Linse erhielten lag mit im Schnitt  $0,47 (\pm 0,33)$  deutlich höher als in den Gruppen, die eine der beiden anderen Linsen implantiert bekamen. Das präoperative Minimum lag bei 0,01 und das entsprechende Maximum bei 1,0. Der Visus direkt postoperativ sank auf im Mittel  $0,43 (\pm 0,33)$ , erholte sich aber im Verlauf und erreichte nach 3 Monaten einen durchschnittlichen Wert von  $0,59 (\pm 0,31)$ . Das bedeutet, dass der Visus unmittelbar nach der Operation im Schnitt zunächst um  $0,05 (\pm 0,12)$  abnahm, um im Endeffekt nach einer 3-monatigen Heilungsphase im Mittel um  $0,12 (\pm 0,22)$  anzusteigen (siehe Abbildung 21).



**Abbildung 21: Visusveränderungen bei den sulcusfixierten Linsen.**

In insgesamt 14 Augen (58%) konnte eine Visussteigerung erreicht werden. In 9 Augen und somit 38% der Fälle war die postoperative Visusveränderung  $> 0,2$  und 14 Augen (58%) wiesen nach der Linsenimplantation einen Visus  $> 0,6$  auf. In 5 Augen (21%) kam es zu einer Visusminderung von im Mittel  $0,14$  und in weiteren 5 Augen (21%) blieb der Visus unverändert im Vergleich zum präoperativen Wert.

Der Visus in der Patientengruppe vor Linsenrepositionierung betrug im Mittel 0,31 ( $\pm$  0,26) mit einem Minimum von 0,01 und einem Maximum von 0,8. Direkt nach dem Eingriff konnten im Durchschnitt Visuswerte von 0,32 ( $\pm$  0,25) gemessen werden, was einen Anstieg von im Mittel 0,01 bedeutet. Im postoperativen Verlauf konnte dann eine weitere Visussteigerung von insgesamt 0,15 beobachtet werden. Der Visus nach 3 Monaten lag dann im Schnitt bei 0,46 ( $\pm$  0,31) mit einem Minimum von 0,02 und einem Maximum von 1,0 (siehe Abbildung 22).



**Abbildung 22: Visusveränderungen bei den Repositionen.**

In 7 von 12 Augen (58%) verbesserte sich der Visus durch den Eingriff. In 6 Augen und damit in 50% der Fälle war die Visusveränderung  $> 0,2$  und in 4 Augen (33%) war der Visus nach der Refixation  $> 0,6$ . In 1 Auge führte der Eingriff allerdings zu einer Verschlechterung des Visus um 0,15 und in 4 weiteren Augen blieb der Visus unverändert, das heißt identisch mit dem präoperativen Wert.

Die Tabelle 17 fasst alle diese Ergebnisse zusammen und macht einen direkten Vergleich der Therapien untereinander möglich.

Es fällt zunächst auf, dass die Therapien schon in der Ausgangssituation differieren: Die Patienten mit den Sulcuslinsen haben mit einem präoperativen Visus von im Mittel 0,47 mit Abstand die günstigste Ausgangssituation. Es folgen die Patienten mit den

irisfixierten Linsen (präoperativer, mittlerer Visus 0,37), die Repositionspatienten (präoperativer, mittlerer Visus 0,31) und mit dem schlechtesten präoperativen, mittleren Visus von 0,3 die Patienten für die nahtfixierten Linsen.

Therapieform Visus-/ Refraktionsergebnis	Nahtfixierte Linse		Irisfixierte Linse		Sulcusfixierte Linse		Reposition	
	*	**	*	**	*	**	*	**
Visus prä-OP	0,30	±0,27	0,37	±0,22	0,47	±0,34	0,31	±0,25
Visus post-OP (1-2 d)	0,22	±0,19	0,37	±0,26	0,43	±0,33	0,32	±0,26
Visus nach 3 Monaten	0,41	±0,26	0,53	±0,28	0,59	±0,31	0,46	±0,31
Visusveränderung post-OP	-0,08		0,00		-0,05		0,01	
Visusveränderung nach 3 Monaten	0,10		0,16		0,12		0,15	
Visusveränderung nach 3 Monaten (in %)	33,33		43,24		25,53		48,39	
Visusveränderung nach 3 Monaten > 0	24		25		14		7	
Visusveränderung nach 3 Monaten > 0 (in %)	63,16		71,43		58,33		58,33	
Ziel-Refraktion	-0,43	±0,91	-1,22	±1,57	-0,88	±0,59		
Ist- Refraktion	-1,03	±1,23	-0,79	±2,12	-1,30	±1,23		
Refraktions-Abweichung	-0,59	±0,94	0,42	±0,90	-0,41	±1		
Sphärisch prä-OP	9,81	±4,43	9,11	±3,01	9,08	±3,69	6,08	±4,73
Sphärisch 3 Monate post-OP	-0,34	±1,28	-0,24	±1,96	-0,49	±1,6	-1,38	±1,94
Veränderung Sphärisch	-10,15		-9,35		-9,57		-7,46	
Cylindrisch prä-OP	-0,84	±1,19	-0,59	±0,7	-0,51	±1,21	0	±2,09
Cylindrisch 3 Monate post-OP	-1,22	±1,06	-1,48	±1,24	-1,61	±1,78	-1,35	±1,54
Veränderung Cylindrisch	-0,38	±1,4	-0,89	±1,26	-1,1	±2,32	-1,35	±2,39
* = absolut   ** = Standardabweichung								

**Tabelle 17: Visus- und Refraktionsergebnisse der verschiedenen Therapien.**

Der Visus direkt nach der Operation (1-2 Tage danach) ist zum Teil Ausdruck des operativen Traumas, von dem sich das Auge erst erholen muss und damit in Bezug auf das endgültige Sehergebnis nur eingeschränkt aussagekräftig. Sowohl bei den nahtfixierten, als auch bei den sulcusfixierten Linsen kam es in unserem Kollektiv unmittelbar postoperativ zu einem leichten Visusabfall von 0,08 bzw. 0,05. Bei den irisfixierten Linsen blieb der Visus direkt nach der Operation identisch mit dem präoperativen Wert bei 0,37.

Grundsätzlich gilt: Je atraumatischer der Eingriff, desto schneller kann der Heilungsprozess verlaufen und desto eher nach der Operation ist ein Visusanstieg zu erwarten.

Den stärksten Visusanstieg nach 3 Monaten verzeichnete die Iris-Klauen-Linse mit durchschnittlichen Werten von 0,16, was einem prozentualen Anteil von + 43% der Ausgangssituation entspricht. Eine ebenfalls stark positive Visusveränderung von im Mittel 0,15 konnte mit den Repositionen erzielt werden, was einen Zugewinn von 48% der Ausgangssituation bedeutet. Die Sulcuslinse führte zu einem Visusanstieg von im Mittel 0,12, was einen Anstieg von 26% des Ausgangswertes bedeutet. Der geringste Visusanstieg war in der Gruppe der nahtfixierten Linsen zu verzeichnen. In dieser Gruppe wurde im Schnitt nur ein Anstieg von 0,1 erzielt, was somit einer Zunahme von 33% des Ausgangsvisus entspricht.

Grundsätzlich konnte unabhängig von der jeweils eingesetzten Therapie in 70 von 110 und damit in rund 64% der behandelten Augen ein Anstieg des ccVisus erzielt werden. Bei der irisfixierten Linse waren es sogar 71%, bei der nahtfixierten Linse 63% und bei den Repositionen und den sulcusfixierten Linsen immerhin 58%. Alle Therapien bieten somit eine gute Möglichkeit zur Verbesserung der Sehkraft.

Diese sehr guten Visusergebnisse sind Folge der Beseitigung der Aphakie und des damit verbundenen Refraktionszugewinns. Unabhängig vom Linsentyp (irisfixiert, nahtfixiert oder sulcusfixiert) konnte eine Verringerung des sphärischen Wertes um 9 bis 10 dpt beobachtet werden. Bei den Repositionen waren es rund 7 dpt.

Damit die Patienten nach der Operation auch ohne Brille im Endlichen sehen können, liegt die angestrebte Zielrefraktion nach einer Linsenimplantation im leicht myopen Bereich, der in unserem Kollektiv mit allen drei Linsentypen erreicht wurde. Der Richtwert der Irislinsen liegt dabei mit - 1,22 dpt am Weitesten im Minusbereich, gefolgt von den Sulcuslinsen mit - 0,88 dpt und den nahtfixierten Linsen mit - 0,43 dpt. Diese Unterschiede in der angestrebten Zielrefraktion kommen unter anderem dadurch zustande, dass sich in den verschiedenen Gruppen unterschiedlich viele myope (Partner-) Augen befanden, bei denen zur Vermeidung einer Anisometropie die postoperative Refraktion vom Idealwert (ca. - 0,5 dpt) abweicht.

Die erzielten Fehlbestimmungen (Abweichungen von der angestrebten Zielrefraktion) der drei Linsentypen liegen absolut im von der Literatur angegebenen Rahmen von  $\pm 0,5$ -1,0 dpt<sup>89</sup>. Bei den Sulcuslinsen betrug die Abweichung - 0,41 dpt, bei den Irislinsen 0,42 dpt und bei den nahtfixierten Linsen - 0,60 dpt. In 28 der insgesamt 97 Augen (29%) die mit einer Linsenimplantation behandelt wurden, wurde die angestrebte Zielrefraktion um > 1 dpt verfehlt.

---

<sup>89</sup> Vgl. Preussner et al. (2004).

Fast ebenso wichtig ist die Entwicklung der Hornhautverkrümmung nach einem solchen Eingriff, da ein operativ induzierter Astigmatismus das Visusergebnis mit beeinflusst. In allen Gruppen kam es zu einer Zunahme der Hornhautverkrümmung durch die, für eine Linsenimplantation bzw. -repositionierung benötigten, großen korneoskleralen Schnitte und Nähte. Die größte Differenz zwischen prä- und postoperativen Werten wurde dabei in der Gruppe der Repositionen festgestellt.

Erreicht die Hornhautverkrümmung Werte  $> 2$  dpt kann dies häufig nicht mehr alleine durch eine Brille korrigiert werden, was auf 10 Augen (rund 9%) vor der Intervention und auf 23 Augen (rund 21%) 3 Monate postoperativ zutraf. Allerdings wurde in keiner der Gruppen im Mittel eine perioperative Astigmatismus-Veränderung von  $> 1,5$  dpt beobachtet, d.h. die Gefahr eines operativ-induzierten Astigmatismus ist gering, wenn auch im Einzelfall durchaus Visus-bestimmend und damit relevant.

#### **6.3.5. Ergebnisse der subjektiven Patienten-Einschätzung**

Das Hauptziel der Durchführung einer sekundären Linsenimplantation ist die Verbesserung der Sehkraft des Patienten durch Beseitigung des Refraktionsdefizits aphaker Augen. Diese kann vom Arzt als Visus bestimmt und durch die dazu gehörige Refraktion näher definiert werden. Viel relevanter ist jedoch die Einschätzung des Patienten selbst. Wie zufrieden die Patienten mit ihrem Operationsergebnis nach dem Einsetzen einer intraokularen Linse sind und wie sie ihr postoperatives Sehen erleben zeigt Abbildung 23.

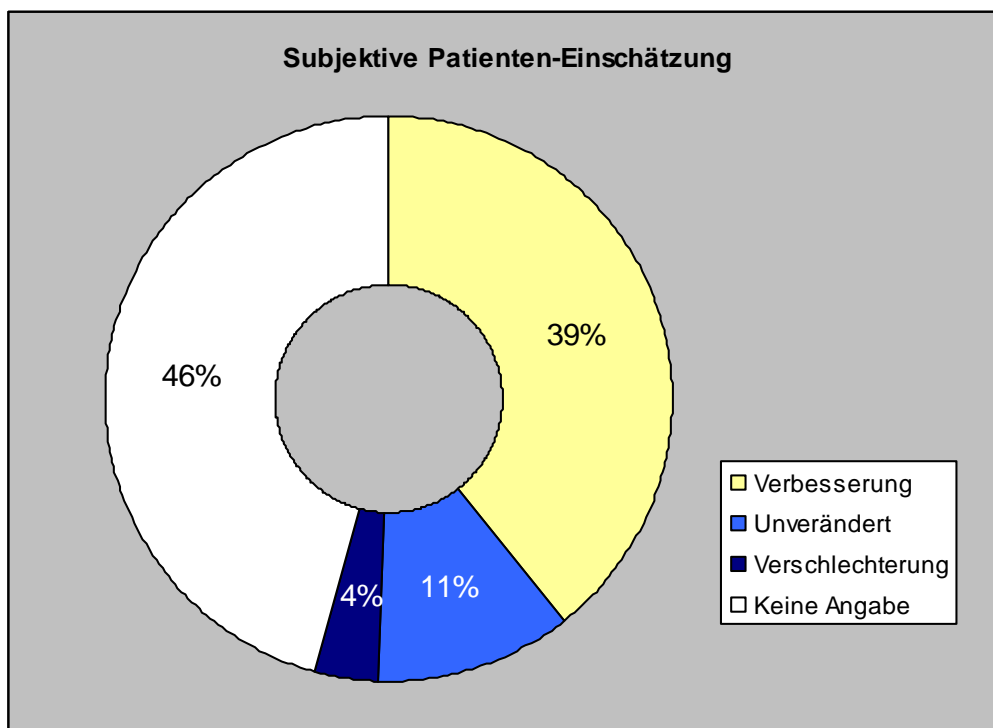
39% aller Patienten, die sich in der Augenklinik Marburg einer Operation unterzogen beurteilten ihr postoperatives Sehergebnis positiv, d.h. sie gaben eine Verbesserung des Sehens nach dem Eingriff an.

Mit 46% macht die Kategorie „keine Angabe“ allerdings den größten Anteil aus. Dies liegt zum Teil am retrospektiven Charakter der Studie, die es häufig nicht ermöglichte, die Patienten explizit nach ihrer Meinung zu befragen. Oft musste auf Vermerke in Akten oder die Einschätzung eines Dritten (meist der weiter behandelnde, niedergelassene Augenarzt) zurückgegriffen werden.

11% aller Betroffenen konnten nach der Intervention keine Veränderung ihres Sehens feststellen, was allenfalls als Teilerfolg gewertet werden kann. Einige dieser Patienten konnten z.B. ihr Sehergebnis nach der Operation ohne Brille/Kontaktlinse erzielen, was dann ebenfalls als Erfolg zu werten ist. Andere waren auch nach der Operation noch



auf eine Brille (mit geringerer Brechkraft) angewiesen, so dass das subjektive Sehergebnis sich durch die Operation nicht wesentlich veränderte.



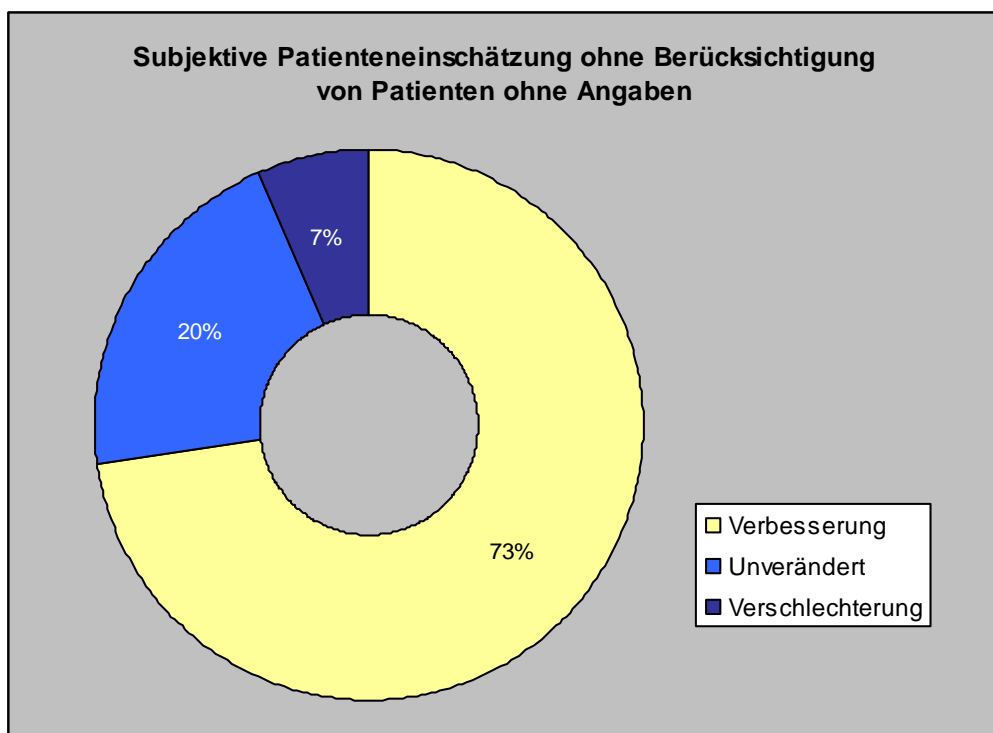
**Abbildung 23: Subjektive Patienten-Einschätzung (n=110).**

Nur 4% aller operierten Patienten gaben an, eine subjektive Verschlechterung des Seheindrucks erfahren zu haben. Dies mag zum einen ein Indiz für die außergewöhnliche Güte der Verfahren sein, könnte aber ebenso Ausdruck der Unsicherheit der frisch operierten Patienten sein, die erst einmal nichts sagen und das endgültige Sehergebnis abwarten möchten. Einige Patienten wurden möglicherweise nicht ermutigt ihre Meinung zu äußern oder fühlten sich den Chirurgen gegenüber zur Zurückhaltung verpflichtet, zumal eine Beschwerde das Operationsergebnis nachträglich auch nicht mehr modifizieren würde.

Betrachtet man einmal isoliert die subjektiven Patienteneinschätzungen ohne Berücksichtigung der Patienten, zu denen keine subjektive Einschätzung des Operationsergebnisses vorliegt, erhält man die in Abbildung 24 aufgeführte Verteilung.

Von den Patienten bei denen eine subjektive Einschätzung vorliegt, gaben 73% (43 Patienten) eine Verbesserung ihres Sehergebnisses an. Weitere 20% (12 Patienten)

empfanden ihr Sehen als unverändert und 7% (4 Patienten) gaben eine Verschlechterung im Vergleich zum präoperativen Sehvermögen an.



**Abbildung 24: Subjektive Patienten-Einschätzung (n=60).**

Tabelle 18 zeigt, wie die Patienten in den verschiedenen Therapiegruppen ihr postoperatives Sehergebnis beurteilten.

Therapie \ Bewertung	Irisfixiert		Nahtfixiert		Sulcusfixiert		Reposition		Summe	
	*	**	*	**	*	**	*	**	*	**
Verbesserung	17	48,6	13	34,2	9	37,5	4	33,3	43	39,4
Unverändert	4	11,4	4	10,5	2	8,3	2	16,7	12	11,0
Verschlechterung	1	2,9	2	5,3	1	4,2	0	0,0	4	3,7
Keine Angaben	13	37,1	19	50,0	12	50,0	6	50,0	50	45,9

\* = absolut | \*\* = in %

**Tabelle 18: Subjektive Bewertung der verschiedenen Therapieoptionen.**

Besonders positiv wurde das postoperative Sehergebnis von 17 Patienten und damit rund 49%, denen eine irisfixierte Linse eingesetzt wurde, bewertet. Es handelt sich hierbei mit einem Abstand von über 10%-Punkten um das beste subjektive Ergebnis aller Therapiegruppen im Vergleich. Mit nur 37% Anteil in der Kategorie „keine Angabe“ ist die Iris-Klauen-Linse zugleich die Linse, zu der am meisten subjektive Einschätzung

gen vorliegen. Nur 1 Patient (3%) war mit dem Ergebnis, dass die irisfixierte Linse lieferte nicht zufrieden, 4 Patienten (11%) konnten keinen Unterschied im Vergleich zu vorher ausmachen.

In den restlichen drei Therapiekategorien haben sich jeweils nur 50% der Patienten, die eine Therapie erhielten, hinterher zu dem erzielten Resultat geäußert. Bei den nahtfixierten Linsen wurde von 13 Patienten und damit 34% aller Betroffenen ein verbessertes Sehvermögen berichtet, 4 Patienten (11%) empfanden ihre Sehkraft als unverändert und 2 Patienten (5%) gaben eine subjektive Verschlechterung an.

Ein sehr ähnliches Bild findet sich bei den sulcusfixierten Linsen. In 9 Augen und damit in 38% trat eine subjektive Verbesserung ein, 2 Patienten (8%) gaben an nach der Operation nicht besser sehen zu können als vorher und 1 Patient (4%) war mit dem postoperativen Seheindruck nicht zufrieden.

Bei den Repositionen gab es keine subjektive Verschlechterung. 4 Patienten (33%) gaben eine Verbesserung an und 2 Patienten (17%) empfanden ihr Sehen als unverändert.

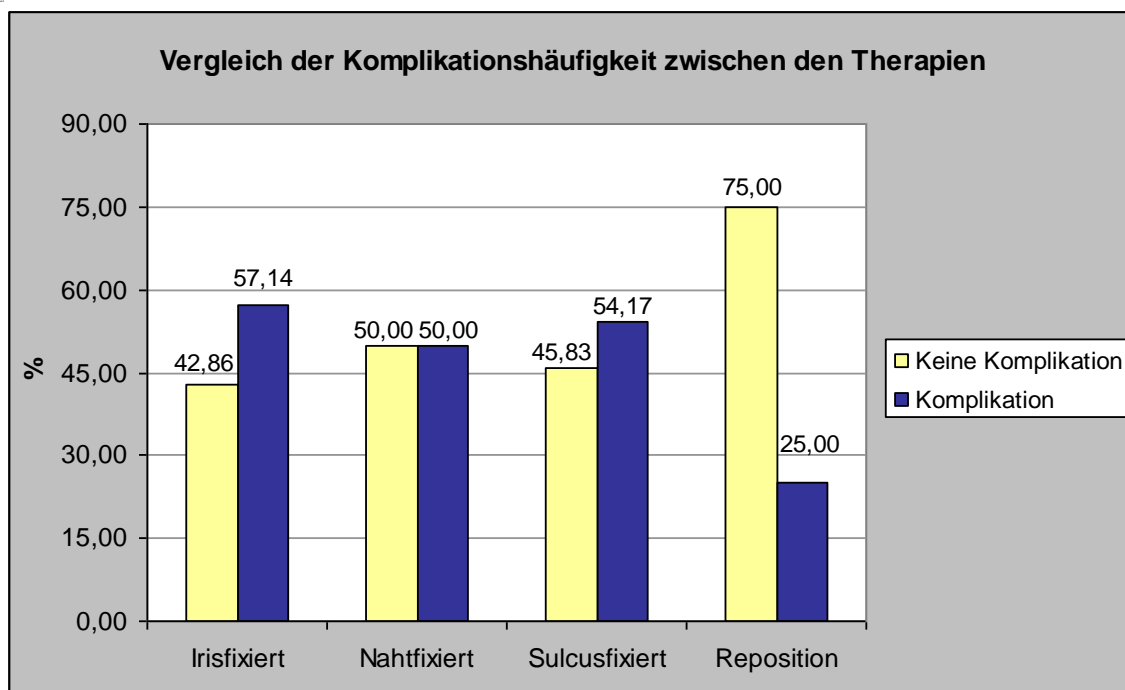
#### **6.3.6. Aufgetretene Komplikationen**

Die Komplikationsrate der verschiedenen Behandlungsmethoden ist von großer Relevanz, da Komplikationen das postoperative Ergebnis entscheidend beeinflussen und eventuell sogar zu Folgeeingriffen führen können. Außerdem kann die Komplikationshäufigkeit Aufschluss über die Sicherheit des jeweiligen operativen Verfahrens geben. Grundsätzlich kann man sagen, dass die Anzahl der Komplikationen mit zunehmender Komplexität der Operation ansteigt.

Um Charakteristika und mögliche Unterschiede in der Risikostruktur der verschiedenen Linsentypen bzw. Therapieoptionen erkennen zu können, werden alle bei den verschiedenen Therapien aufgetretenen Komplikationen im Zeitraum von unmittelbar nach der Operation bis zur letzten bekannten augenärztlichen Kontrolle ausgewertet und miteinander verglichen.

Abbildung 25 gibt zunächst eine Übersicht darüber, bei welchen Therapieoptionen es im Schnitt wie häufig zum Auftreten von Komplikationen kam. Insgesamt verliefen 55 Interventionen und damit genau die Hälfte aller Eingriffe unseres Kollektivs absolut komplikationslos. Dabei muss bedacht werden, dass die Schwere der Komplikationen stark variiert: die Mehrzahl der Komplikationen sind vorübergehend und/oder harmlos

gewesen, andere hatten gravierende Folgen für das Augenlicht des Patienten. In einigen Augen traten zudem im Verlauf mehrere Komplikationen auf.



**Abbildung 25: Vergleich der Komplikationshäufigkeit zwischen den Therapien.**

Als ein besonders sicheres, komplikationsarmes Verfahren stellt sich die Reposition einer Intraokularlinse dar. 75% der Eingriffe wurden durchgeführt, ohne dass im späteren (Heilungs-) Verlauf in einem dieser 9 Augen Komplikationen auftraten.

Die Fixierung einer Linse durch eine Skleranaht ist ein vergleichsweise komplizierter Eingriff, bei welchem es in 19 Augen (50%) zum Auftreten von Komplikationen kam. Die andere Hälfte der operierten Patienten wies einen komplikationslosen Verlauf auf.

Ähnliche Ergebnisse wurden mit der sulcusfixierten Linse erzielt. Da Sulcuslinsen die bestehenden anatomischen Strukturen zur Befestigung nutzen, können sie ohne größere Manipulationen ins Auge eingesetzt werden. Trotzdem wurden in 13 Augen (54%) Komplikationen beobachtet. In 11 Augen (46%) war der postoperative Verlauf komplikationslos.

Bei den irisfixierten Linsen kam es im Vergleich am häufigsten zu Komplikationen, nämlich bei rund 57% aller Eingriffe, also in 18 von 35 Augen. Dies liegt möglicherweise daran, dass die Methode noch relativ neu ist und (langjährige) Erfahrungen erst noch gesammelt werden müssen. Auffällig war zudem das häufige Auftreten einer für diese Linsen typischen aber (weitgehend) harmlosen Pupillenverziehung (14%, 5 Augen). Rechnet man die Patienten, in denen die Pupillenverziehung die einzige aufge-

getretene Komplikation war, heraus, erhält man eine Komplikationsrate von rund 43% und damit das beste Ergebnis bezüglich aufgetretener Komplikationen bei IOL-Implantationen.

Lediglich die Repositionen bieten mit nur 25% aller Eingriffe eine geringere Komplikationsrate.

Therapie Komplikation	Irisfixiert		Nahtfixiert		Sulcusfixiert		Reposition		Summe	
	*	**	*	**	*	**	*	**	*	**
Glaskörper-Blutung	1	2,9	3	7,9	0	0,0	0	0,0	4	3,6
Pupillenverziehung	5	14,3	1	2,6	0	0,0	0	0,0	6	5,5
Tensioschwankung	6	17,1	8	21,1	3	12,5	2	16,7	19	17,3
Deszemetfalten	2	5,7	2	5,3	1	4,2	0	0,0	5	4,6
Hornhaut-Trübung	1	2,9	1	2,6	2	8,3	0	0,0	4	3,6
Glaskörper-Prolaps	0	0,0	0	0,0	1	4,2	0	0,0	1	0,9
Phakolyt. Glaukom	0	0,0	0	0,0	1	4,2	0	0,0	1	0,9
Esotropie	0	0,0	0	0,0	1	4,2	0	0,0	1	0,9
IOL/Iris-Schlottern	2	5,7	0	0,0	1	4,2	0	0,0	3	2,7
Dislokation	1	2,9	2	5,3	2	8,3	1	8,3	6	5,5
Explantation	2	5,7	2	5,3	1	4,2	0	0,0	5	4,6
* = absolut   ** = in %										

**Tabelle 19: Aufgetretene Komplikationen.**

Die am häufigsten nach Implantation einer Iris-Klauen-Linse aufgetretene Komplikation war in 6 Augen (17%) eine Tensioschwankung. Zwei Irislinsen (6%) mussten aufgrund einer Pseudophakieablatio (Netzhautablösung) wieder aus dem Auge entfernt werden. In der Gruppe der nahtfixierten Linse wurden in 8 Augen (21%) ebenfalls Tensioschwankungen beobachtet. In 3 Augen (8%) kam es zu einer Glaskörperblutung. Eine Pseudophakieablatio und eine Aderhaut-Ablösung erforderten in 2 Augen (5%) die Explantation der gerade implantierten Linse.

Auch bei sulcusfixierten Linsen waren Schwankungen des Augeninnendrucks in 3 Augen (13%) die häufigste Komplikation. Außerdem kam es zum einzigen Auftreten eines Glaskörperprolaps (4%). Da bei den anderen beiden Linsentypen der Glaskörper vor der Implantation entfernt wird, kann diese Komplikation als (relativ) Sulcuslinsenspezifisch angesehen werden. Ähnliches gilt für den einzigen Fall eines phakolytischen Glaukoms (4%), ausgelöst durch Linsenreste in den verbliebenen Kapselanteilen. 2 Sulcuslinsen (8%) dislozierten, eine davon (4%) musste aufgrund des Ereignisses

komplett entfernt werden, da die Kapselreste keine ausreichende Stabilität mehr für die Linse boten.

Die einzigen Komplikationen, die nach Repositionen beobachtet werden konnten, waren Tensioschwankungen (2 Augen, 17%) und eine erneute Dislokation (1 Auge, 8%) im Verlauf.

Die insgesamt am häufigsten aufgetretene Komplikation war eine in 19 Augen (17% aller Eingriffe) aufgetretene Augeninnendruckschwankung. Dies beinhaltet sowohl (vorübergehende) Tensioanstiege ( $> 25$  mmHg), als auch Tensioreduktionen ( $< 10$  mmHg). Wie Tabelle 20 zeigt, kam es bei den Linsenimplantationen intra- und postoperativ im Mittel eher zu einem Tensioabfall, der sich im Heilungsverlauf wieder relativierte. In einzelnen Augen wurde aber auch ein Anstieg des Augeninnendrucks beobachtet.

<b>Therapie</b> <b>Tensio</b>	<b>Irisfixierte</b> <b>Linse</b>	<b>Nahtfixierte</b> <b>Linse</b>	<b>Sulcusfixierte</b> <b>Linse</b>	<b>Reposition</b>
<b>Tensio prä-OP</b>	14,20	14,42	18	13
SD	3,43	5,25	8,34	3,49
T $>25$ mmHg	0	2	5	0
T $<10$ mmHg	2	5	1	1
<b>Tensio post-OP</b>	11,86	12,97	13,54	13,83
SD	3,87	4,96	5,08	4,93
T $>25$ mmHg	0	1	1	1
T $<10$ mmHg	10	10	4	2
<b>Tensio n. 3 Monaten</b>	14,71	13,8	14,54	14,11
SD	4,27	3,35	3,18	3,33
T $>25$ mmHg	1	0	0	0
T $<10$ mmHg	3	4	0	1

**Tabelle 20: Tensio-Entwicklung perioperativ.**

Bei den Repositionen kam es im Mittel eher zu einem leichten Anstieg des Augeninnendrucks, der direkt postoperativ und auch noch nach 3 Monaten nachweisbar war.

In 6 Augen (rund 5%) kam es nach dem Eingriff zu einer Linsendislokation, die je nach Schweregrad eine erneute Operation nötig machen kann. Ebenfalls 5% machen die schon besprochenen, harmlosen, weitgehend Irislinsen-spezifischen Pupillenverzie-

hungen aus. In je 5% aller Operationen wurden außerdem Deszemetfalten, Hornhautschäden und Glaskörperblutungen beobachtet.

Die wohl gravierendste Komplikation der Aphakie-Therapie ist eine Explantation der gerade eingesetzten oder refixierten intraokularen Linse. Ein solches Scheitern der operativen Intervention, zumeist bedingt durch intraoperative Komplikationen, mit daraus resultierender, erneuter Linsenlosigkeit trat in 5 Augen und damit in rund 5% aller Patienten ein.

Grundsätzlich lässt sich sagen, dass alle hier untersuchten Therapien Risiken bergen. Da zur Behandlung der Aphakie komplexe Operationsmethoden nötig sind, kann es natürlich auch jederzeit zu Komplikationen kommen. Die meisten dieser Komplikationen sind aber nicht gravierend und stellen daher ein kalkulierbares Risiko dar.

#### **6.3.7. Bestehende Vorerkrankungen**

Bestehende Vorerkrankungen, insbesondere wenn sie die Augen betreffen, können sowohl den Operationsverlauf als auch das postoperative Ergebnis beeinflussen. Es ist daher wichtig zu wissen, ob und wenn ja in welchem Ausmaß solche Erkrankungen vorliegen.

Bei einigen Erkrankungen, wie zum Beispiel der okulären Hypertension müssen lediglich Vorkehrungen im Sinne einer präoperativen Behandlung getroffen werden, damit die Operation stattfinden kann. Bestehen hingegen z.B. zentrale Retinaschäden schränkt dies das, durch eine IOL-Implantation maximal erreichbare, postoperative Sehergebnis deutlich ein. Dies muss dem Patienten erläutert und bei der Evaluation des postoperativen Ergebnisses bedacht werden.

In unserem Kollektiv fanden sich in 62 Augen (56%), also in über der Hälfte aller operierten Augen, eine relevante Vorerkrankung. Tabelle 21 gibt eine Übersicht über die bestehenden Vorerkrankungen.

Therapie Vorerkrankung	Irisfixierte Linse		Nahtfixierte Linse		Sulcusfixierte Linse		Reposition		Summe	
	*	**	*	**	*	**	*	**	*	**
Altersbedingte Makula-degeneration	5	14,3	1	2,6	1	4,2	0	0,0	7	6,4
Diabetische Retinopathie	1	2,9	4	10,5	0	0,0	0	0,0	5	4,6
Makulopathie anderer Genese	2	5,7	2	5,3	1	4,2	1	8,3	6	5,5
Hohe Myopie	5	14,3	0	0,0	2	8,3	2	16,7	9	8,2
Hyperopie	0	0,0	3	7,9	1	4,2	0	0,0	4	3,6
Amblyopie	1	2,9	1	2,6	0	0,0	2	16,7	4	3,6
Optikusatrophie	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	8,3	1	0,9
Zustand nach Ablatio	6	17,1	9	23,7	1	4,2	3	25,0	19	17,3
Okuläre Hypertension	0	0,0	2	5,3	5	20,8	0	0,0	7	6,4
Summe	20	57,1	22	57,9	11	45,8	9	75,0	62	56,4
* = absolut   ** = in %										

**Tabelle 21: Bestehende Vorerkrankungen.**

Bei 9 Augen (75%) der reponierten Linsen fanden sich ophthalmologische Vorerkrankungen. In diesem Zusammenhang muss bedacht werden, dass alle diese Augen schon mindestens eine Vor-Operation (die IOL-Implantation) erfahren haben. Es fanden sich zudem 3 Augen, die vor der Linsenreposition schon eine Netzhautablösung hatten, was das postoperative Visusergebnis beeinflussen kann. Mit einem Anteil von 25% ist eine Ablatio als Vorerkrankung bei Refixationen aber ähnlich häufig wie vor irisfixierten oder nahtfixierten Linsen. Zwei weitere Augen waren amblyop (schwachsichtig), was einen Anteil von 17% aller Repositionen ausmacht und damit deutlich häufiger ist, als in den anderen Therapiegruppen. Der Anteil an Patienten, die eine Form von Retinopathie besitzen, war dagegen mit 1 Auge (8%) sehr gering. Auch in diesen Augen kann eine Linsenreposition die Sehstärke nur begrenzt verbessern.

Bei 57% aller Patienten und damit in 20 Augen, denen eine irisfixierte Linse implantiert wurde, bestanden Vorerkrankungen. Die am häufigsten beobachtete Vorerkrankung war mit einem Anteil von 17% in 6 Augen ein Zustand nach Ablatio, was aber prozentual gesehen in etwa mit nahtfixierten Linsen und Repositionen übereinstimmt. Ebenfalls hoch war mit insgesamt 8 Augen der Anteil an Patienten mit einer Netzhautschädigung: 5 Augen (14%) litten an altersbedingter Makuladegeneration, 1 Auge (3%) an diabetischer Makulopathie und 2 Augen (6%) an einer Retinopathie anderer Genese. Diese Art Vorerkrankung verhindert einen wesentlichen postoperativen Visusanstieg, was bei der Interpretation der Ergebnisse bedacht werden muss, zumal es sich im



Vergleich mit den anderen Linsentypen um einen großen Anteil, zusammen rund 23%, handelt.

In der Patientengruppe, die eine nahtfixierte Linse implantiert bekamen, war der Anteil an Vorerkrankungen mit rund 58%, also 22 vorerkrankten Augen ähnlich hoch, wie der bei den Iris-Klauen-Linsen, die Verteilung war jedoch eine andere. Mit 9 Augen (24%) war der Anteil an Augen, die vorher schon eine Ablatio hatten sogar höher, als bei den irisfixierten Linsen. Mit insgesamt 7 Augen, die eine Retinopathie aufwiesen, war dieser Anteil mit 20% vergleichbar mit dem des Patientenkollektivs, das eine Irislinse erhielt.

In der Gruppe mit den sulcusfixierten Linsen waren in 11 Augen und damit rund 46% Vorerkrankung vorhanden, also deutlich seltener als bei den anderen Linsentypen. Am häufigsten war in 5 Augen (21%) eine okuläre Hypertension ( $> 25$  mmHg), gefolgt von 2 Augen (8%) mit hoher Myopie. Außerdem gab es 2 Augen mit Retinopathie, was einem Anteil von 8% entspricht, also vergleichbar ist mit der Repositionsgruppe und ein wesentlich niedrigeres Vorkommen einer Netzhautschädigung im Vergleich zu den beiden anderen Linsentypen bedeutet. Auch der Anteil an stattgehabten Ablationen ist mit 1 Auge (4%) deutlich niedriger, als in den anderen Therapiegruppen.

Wie zuvor beschrieben, waren insgesamt 62 der 110 Augen (56%), die aufgrund einer Aphakie mit einer sekundären Linsenimplantation oder einer Reposition behandelt wurden von einer Vorerkrankung betroffen. Insgesamt am häufigsten war mit 19 Augen und 17% eine vorangegangene Ablatio, gefolgt von Retinopathien mit zusammen rund 18 Augen und 16%. 9 Augen (8%) aller Patienten wiesen eine hohe Myopie ( $> 5$  dpt) auf und 7 Augen (rund 6%) litten an okulärer Hypertension ( $> 25$  mmHg).

#### **6.4. Diskussion**

Die Aphakie ist heutzutage ein seltenes Krankheitsbild, das viele verschiedene Ursachen haben kann und deshalb in unterschiedlichen Erscheinungsformen auftritt. Möglicherweise ist diese Heterogenität oder aber die geringe Häufigkeit der Erkrankung der Grund dafür, dass es nur verhältnismäßig wenig Literatur gibt, die sich mit dieser Thematik befasst.

Hinzu kommt, dass der Begriff „Aphakie“ durchaus unterschiedlich ausgelegt werden kann. In unserem Kollektiv galten alle Patienten als linsenlos, bei denen sich keine Linse mehr in der optischen Achse befand. Dies schließt alle Patienten mit ein, die ir-

gendwo anders im Auge noch eine Linse besitzen, wie es nach einer Linsenluxation der Fall ist. Wir haben uns dazu entschlossen, diese Patienten mit in unser Kollektiv aufzunehmen, da sie funktionell keine Linse mehr besitzen und ebenso eine orthotopie Intraokularlinse benötigen, wie Patienten, die im klassischen Sinne aphak, also gänzlich ohne Linse sind.

Da die Ausgangssituation meist sehr unterschiedlich ist, muss jede Therapie individuell an den Patienten und dessen Augenbefund angepasst werden. In der Literatur findet man eine Vielzahl verschiedener Linsentypen und Techniken beschrieben, die sich grundsätzlich zur Aphakietherapie eignen, aber die Meinungen über den jeweiligen Stellenwert der verschiedenen Therapieoptionen differieren teils beträchtlich. Dies stellt den Operateur vor eine große Herausforderung, da er abschätzen muss, welche der vielen zur Verfügung stehenden Behandlungsoptionen jeweils am besten geeignet ist, um ein möglichst dauerhaftes, zufriedenstellendes Resultat für den Patienten zu erzielen.

Ziel unserer retrospektiven Untersuchung war daher neben der Ursachenbeschreibung vor allem eine Analyse und ein Vergleich der von uns durchgeführten Therapieoptionen zur Aphakiekorrektur. An der Universitätsaugenklinik Marburg (UAM) kommen im Wesentlichen 3 Linsentypen, nämlich retropupillar implantierte Iris-Klauen-Linsen, skleranahftfixierte Linsen und sulcusfixierte Linsen, sowie Linsen-Repositionen zum Einsatz. Die eventuell gleichwertige Wirksamkeit anderer, bei uns nicht verwendeter Linsendesigns wird aber nicht grundsätzlich in Frage gestellt, da man an der UAM die Meinung vertritt, dass die Erfahrung des Chirurgen mit dem Linsentyp und der dazu gehörigen Implantationsmethode das Operationsergebnis entscheidend mit beeinflusst.

#### **6.4.1. Beurteilung der Ergebnisse**

Die retrospektive Untersuchung der Aphakie und ihrer Therapie über die Jahre 2002-2007 an der UAM erbrachte die hier in zusammengefasster Form folgenden Ergebnisse. Unsere Ergebnisse werden zudem mit einigen Arbeiten der aktuellen Literatur zu diesem Thema verglichen und damit in den Kontext des aktuellen Stands der Forschung eingegliedert.

Mit einem Anteil von rund 62% und 68 von insgesamt 110 behandelten Augen sind in unserem Kollektiv Linsenluxationen mit Abstand der häufigste Grund für Aphakie. In

weit über der Hälfte der Fälle, nämlich in 43 Augen (63%) sind es künstliche Linsen, die aus ihrer Position geraten und daraufhin ihre Funktion einbüßen. Der häufigste Grund für die Entstehung einer solchen Dislokation ist ein Trauma (27 Augen, 40%), gefolgt von idiopathischen Linsenluxationen (23 Augen, 34%), PEX-Syndrom (8 Augen, 12%), Zonulolyse (6 Augen, 9%) und Marfan-Syndrom (4 Augen, 6%).

Gross et al.<sup>90</sup> beschäftigten sich speziell mit Dislokationen von „in-the-bag“-Linsen und fanden eine etwas abweichende Ursachenverteilung: In 44% der Fälle war bei Gross et al. ein Pseudoexfoliationssyndrom der Auslöser für die Dislokation, in 24% kam es zu einer idiopathischen Luxation und je 16% entfielen auf Uveitis oder Trauma.

Während bei uns das Pseudoexfoliationssyndrom mit 12% erst an dritter Stelle steht, macht es bei Gross et al. mit 44% den größten Anteil der Luxationsursachen aus. Umgekehrt ist das bei uns als häufigste Dislokationsursache identifizierte Trauma (40%) bei Gross et al. mit nur 16% Anteil weniger relevant, was unter anderem an der Spezialisierung der UAM auf den hinteren Augenabschnitt liegen könnte. Ein direkter Vergleich ist aber aufgrund der Unterschiede der Zielgruppen bzw. der Einschlusskriterien (Dislokationen aller Linsenarten vs. Dislokationen ausschließlich von „in-the-bag“-Linsen) ohnehin nur eingeschränkt möglich.

An zweiter Stelle der Aphakie-Ursachen stehen in unserem Kollektiv mit 35 behandelten Augen und damit einem Anteil von 32% Operationsfolgen bzw. iatrogen entstandene Linsenlosigkeiten. Der häufigste Auslöser sind missglückte Katarakt-Operationen (32 Augen, 37%), die gemeinsam mit den nach einem solchen Eingriff aufgetretenen Komplikationen (5 Augen, 14%) über die Hälfte aller operativ induzierten Aphakien ausmachen. Mit einem jeweils kleineren Anteil folgen Pars-plana Vitrektomien (7 Augen, 20%), ECCE (5 Augen, 14%) und ICCE (2 Augen, 6%) ohne Linsenimplantation, Explantation einer Vorderkammerlinse (2 Augen, 6%) und Anästhesie-Zwischenfälle (1 Auge, 3%).

Lundström et al. untersuchten in ihrer großen Studie ausschließlich Aphakien, die aufgrund einer Katarakt-Operation entstanden.<sup>91</sup> Da diese Gruppe bei uns über 50% Anteil ausmacht, ist es sinnvoll die Ergebnisse vergleichend zu betrachten, auch wenn ein direkter Vergleich der Zahlen aufgrund der unterschiedlichen Zielgruppe nicht möglich ist. Lundström et al. berichten, dass 0,65% aller Katarakt-Operationen in einer Aphakie enden. 0,48% dieser iatrogen entstandenen Linsenlosigkeiten waren nicht geplant und entsprechen unseren Kategorien „missglückte Katarakt-Operation“ und „Komplikatio-

---

<sup>90</sup> Vgl. Gross et al. (2004).

<sup>91</sup> Vgl. Lundström et al. (2004).

nen“ mit zusammen 51% Anteil an allen iatrogen entstandenen Linsenlosigkeiten unseres Kollektivs. Bei den restlichen 0,17% handelte es sich um geplante Aphakien, was in etwa unseren Kategorien „ECCE und ICCE ohne Linsenimplantation“ entspricht, die gemeinsam weitere rund 20% Anteil ausmachen.

Mit 7 behandelten Augen und damit einem Anteil von 6% ist die kongenitale Katarakt eine im Vergleich seltene Ursache für eine Aphakie in unserem Kollektiv, die man theoretisch auch mit zu den Operationsfolgen zählen könnte, da diese Form der Linsenlosigkeit grundsätzlich iatrogen verursacht ist. Allerdings ist diese spezielle Form der postoperativen Aphakie im Gegensatz zu den meisten anderen iatrogen entstandenen Aphakien geplant. Es ist außerdem anzunehmen, dass diese Form der Aphakie durch den Trend zur früheren Intraokularlinsen-Implantation in Zukunft weiter zurückgehen wird.

Bei 89% aller Aphakien unserer Studie wurde mittels Implantation einer Intraokularlinse behandelt. Die am häufigsten verwendete Linse war mit 38 Augen, d.h. einem Anteil von 35% die nahtfixierte Linse, gefolgt von der irisfixierten Linse mit 35 Augen und einem Anteil von 32%. Mit einigem Abstand kommen dann die sulcusfixierten Linsen mit 24 Augen, was einem Anteil von 22% entspricht.

Bei 12 aphaken Augen wurde eine Reposition einer luxierten intraokularen Linse vorgenommen, was 11% aller durchgeführten Therapien entspricht.

Obwohl der beobachtete Zeitraum nur sechs Jahre umfasst, konnten einige Veränderungen in Bezug auf die Aphakietherapie, insbesondere bei der Wahl des Linsentyps detektiert werden. Während die retropupillar implantierten, irisfixierten Linsen absolut und prozentual stetig steigende Implantationszahlen aufwiesen bis sie im Jahr 2007 fast 60% aller Interventionen ausmachten, kam es gleichzeitig zu einem Rückgang der Implantationszahlen sowohl für nahtfixierte, als auch für sulcusfixierte Linsen. Bei der Skleranahtfixation konnte eine Abnahme der Therapieanteile von 41% im Jahr 2002 auf immerhin noch 22% im Jahr 2007 beobachtet werden. Im Vergleich dazu war der Abfall der Implantationszahlen der Sulcuslinsen von 47% Anteil im Jahr 2002 auf nur noch 11% im Jahr 2007 wesentlich drastischer.

Eine ausreichende fachliche Erklärung für die deutliche Abnahme der Bedeutung der Sulcuslinsen in der Aphakietherapie gibt es nicht. Sicherlich spielt hier die neue Methode der retropupillar-inversen Implantation der Irislinse eine Rolle, welche relativ atraumatisch und schnell zu implantieren ist, was aber den deutlich stärkeren Abfall der sulcusfixierten im Vergleich zu den nahtfixierten Linsen nicht erklären kann. Eine Ab-

nahme von Patienten mit entsprechender Ausgangssituation, d.h. mit großem, intaktem Kapselrest könnte ein weiterer Grund für den Rückgang der Sulcuslinsen-Implantationen sein.

Grundsätzlich ist man an der UAM der Meinung, dass man bei der Aphakietherapie nicht auf die Sulcusfixation verzichten sollte, da sie ein wichtiges und eigenes Einsatzspektrum besitzt, nämlich die Aphakie mit vorhandenen Linsenkapselfesten. Kapselreste können eine zusätzliche Stützfunktion übernehmen und bilden außerdem eine natürliche Barriere zum hinteren Augenabschnitt, sind also sehr nützlich und sollten, wenn vorhanden, unbedingt erhalten werden.

Absolut ist die Anzahl durchgeführter Repositionen über die Jahre weitgehend konstant geblieben, im prozentualen Vergleich haben sie aber über die Jahre leicht abgenommen. Waren in den Jahren 2002-2005 mindestens 10% aller Interventionen Linsenrefixationen, sind es in den Jahren 2006 und 2007 lediglich noch 6-8% gewesen. Möglicherweise werden die nach heutiger Sicht veralteten, dislozierten Intraokularlinsen lieber ausgetauscht als erneut in ihrer Position im Auge befestigt. Oder die modernen Linsentypen und Befestigungsmethoden sind suffizienter geworden.

Die retrospektive Datenanalyse ergab außerdem, dass je nach auslösender Ursache der Aphakie die Verteilung der jeweils verwendeten Linsentypen unterschiedlich war.

Bei den Linsenluxationen wurden am häufigsten, nämlich in 26 Augen (39%) skleranahtfixierte Linsen zur Korrektur gewählt. 20 Augen und damit knapp 30% wurden mittels irisfixierter Linse behandelt und 11 Augen, d.h. 16% der Dislokationen wurden mit einer Sulcuslinse versorgt. Die restlichen 10 Augen (15%), die an einer Linsenluxation litten, wurden mittels Reposition behandelt.

Bei der iatrogen entstandenen Aphakie hingegen war die in 13 Augen (37%) implantierte Iris-Klauen-Linse die am häufigsten eingesetzte Linse, gefolgt von der sulcusfixierten Linse mit 11 Augen (31%) und an dritter Stelle der nahtfixierten Linse mit 9 Augen (26%). Bei dieser Art der Linsenlosigkeit spielten die Repositionen mit 2 Augen und 6% aller Interventionen nur eine untergeordnete Rolle.

In der Gruppe mit Zustand nach kongenitaler Katarakt erhielten 3 Augen (43%) eine nahtfixierte Linse und je 2 Augen (29%) wurden mittels sulcusfixierter bzw. irisfixierter Linse behandelt. Bei der Betrachtung dieser Ergebnisse ist allerdings die geringe Patientenzahl dieser Subgruppe zu berücksichtigen.

Vergleicht man die Refraktions- und Visusergebnisse der verschiedenen Therapien untereinander, kommt man zu den folgenden Ergebnissen.

Durch die Operation wird das Refraktionsdefizit von präoperativen Werten um die 10 dpt auf postoperative Werte um - 0,5 bis - 2 dpt reduziert und dadurch das betroffene Auge für die meisten Patienten überhaupt erst „nutzbar“ gemacht, d.h. der Patient kann nun mit dem Auge (scharf) sehen. Bei den nahtfixierten Linsen zum Beispiel lag das sphärische Äquivalent im Mittel bei + 9,81 dpt und 3 Monate postoperativ bei - 0,34 dpt, was einer Veränderung von über 10 dpt entspricht. Kjeka et al.<sup>92</sup> berichten von einem präoperativen, sphärischen Äquivalent von + 12,22 dpt und nach der Implantation einer nahtfixierten Linse von + 0,15 dpt.

Ähnliche Ergebnisse findet man auch bei den irisfixierten Linsen mit einem präoperativen sphärischen Äquivalent von + 9,11 dpt und einer Reduktion auf - 0,24 dpt 3 Monate nach der Operation. Baykara et al.<sup>93</sup> beschrieben, dass das von ihnen beobachtete sphärische Äquivalent vor der Implantation einer Iris-Klauen-Linse im Durchschnitt bei + 10,5 dpt und postoperativ bei - 0,7 dpt lag.

Das sphärische Äquivalent in der Gruppe der Sulcuslinsen-Implantationen betrug präoperativ im Mittel + 9,08 dpt und lag 3 Monate nach der Operation bei im Mittel - 0,49 dpt. Das bedeutet, dass es in den Augen, die sich einer Linsenimplantation unterzogen, grundsätzlich gelungen ist, das sphärische Äquivalent um 9-10 dpt zu reduzieren.

Mit einem präoperativen sphärischen Äquivalent von im Mittel + 6,08 dpt und postoperativen Werten von im Schnitt - 1,38 dpt hob sich lediglich die Gruppe mit den Linsenrepositionen etwas von den anderen Therapiegruppen ab. Der präoperative Wert von 6,08 dpt lässt sich durch eine Restfunktion der subluxierten / dislozierten Linse oder durch mehrere Patienten mit hoher Myopie in dieser Gruppe erklären. Der postoperative Wert lag mit - 1,38 dpt im Vergleich zu den Linsenimplantationen um mehr als 0,5 dpt weiter im Minus- Bereich, was am ehesten auf eine Anpassung der Zielrefraktion im Myopen entsprechend zum Partnerauge zurückzuführen ist.

Für die Präzision der Biometrie und der Operationsmethoden sprechen die geringen Abweichungen der tatsächlichen postoperativen Refraktion von den im Voraus berechneten Zielwerten. Die genauesten Ergebnisse wurden mit Sulcuslinsen erzielt, die im Durchschnitt um + 0,41 dpt ( $\pm 1,0$ ) vom angestrebten Refraktionsergebnis von - 0,88

---

<sup>92</sup> Vgl. Kjekka et al. (2008).

<sup>93</sup> Vgl. Baykara et al. (2007).

dpt abweichen. Vergleichbar präzise Ergebnisse zeigten retropupillar fixierten Irislinsen mit einer Abweichung von - 0,42 dpt ( $\pm 0,90$ ) vom angestrebten Zielwert - 1,23 dpt. Mit einem Zielwert von - 0,43 dpt und einer Abweichung von diesem von - 0,6 dpt ( $\pm 0,94$ ) ist hier die nahtfixierte Linse am wenigsten genau, liegt aber wie die beiden anderen Linsentypen auch absolut im in der Literatur angegebenen Toleranzbereich von 0,5-1,0 dpt.<sup>94</sup>

Auffällig an diesen Ergebnissen ist, dass es einmal, nämlich bei den Irisklauenlinsen zu einer Hyperopisierung und zweimal, nämlich bei den nahtfixierten und den sulcusfixierten Linsentypen zu einer Myopisierung kam. Dies könnte möglicherweise durch die antizipierte Lage der Linse im Auge erklärt werden. Möglicherweise spielen aber auch die Unterschiede der angestrebten Zielwerte zwischen den Linsentypen eine Rolle. Mit - 1,23 dpt lag die Zielrefraktion bei den irisfixierten Linsen um 0,35 dpt weiter im Minus-Bereich, als die angestrebte Refraktion bei den sulcusfixierten Linsen und um 0,8 dpt weiter im Minus- Bereich, als die Zielrefraktion der nahtfixierten Linsen.

Natürlich sind die jeweiligen Zielrefraktionen primär abhängig von der Refraktion des Partnerauges, da Unterschiede von über 3 dpt zu einer Aniseikonie und damit zu Doppelbildern führen. Des Weiteren spielt die Präferenz des Patienten eine Rolle bei der angestrebten Zielrefraktion: Soll die beste Sehschärfe ohne Korrektur in der Ferne liegen wird ein Wert um 0,0 dpt angestrebt. Soll hingegen Lesen oder Naharbeit ohne Brille oder Kontaktlinse möglich sein, wird ein Wert zwischen - 2,5 und - 3,0 dpt angestrebt. Eine Hyperopie sollte nach Möglichkeit vermieden werden, da hier weder nah noch fern ohne Brille scharf gesehen wird, es sei denn das Partnerauge erfordert dies (z.B. Hyperopie > 3 dpt).

Die im Durchschnitt nachweisbare, tendenzielle Hyperopisierung in der Gruppe der irisfixierten IOL könnte, wenn nicht intendiert, auch eine Fehlbestimmung bei der Biometrie sein. Die Artisan- bzw. Verisyse-Linse ist für die Implantation in die Vorderkammer mit einer A- Konstanten von 115,0 zugelassen. Wenn sie aber von retropupillar implantiert wird hat man berechnet, dass sich für diese Linse eine A- Konstante von 116,7 am besten eignet<sup>95</sup>. Dieser Korrekturfaktor muss bei der Wahl der Intraokularlinse bedacht werden, ansonsten ist eine Hyperopie die Folge.

Die Genauigkeit der Linsenberechnung ist vor allem abhängig vom Verfahren z.B. Ultraschall oder Laser („IOL-Master“® von Zeiss). Die postoperative Refraktionsgenau-

---

<sup>94</sup> Vgl. Preussner et al. (2004).

<sup>95</sup> Vgl. Mohr et al. (2002).

igkeit hingegen ist vor allem abhängig vom Operationsverfahren: Bei den nahtfixierten Linsen hängt sie von der genauen Platzierung der Naht ab, bei den irisfixierten Linsen muss die Vorderkammertiefe berücksichtigt werden, denn die Lage der Iris bestimmt die IOL-Position im Auge.

Die Fehlbestimmung, also die Differenz zwischen antizipierter und erzielter Refraktion, wird außerdem noch von einer weiteren Tatsache beeinflusst: Die Intraokularlinsen stehen meist in 0,5 dpt - Schritten zur Verfügung (Sonderlinsen manchmal nur in 1 dpt - Schritten) und das wiederum kann zu Abweichungen von  $\pm 1/4$  dpt (oder  $\pm 0,5$  dpt) führen, obwohl eine Berechnung präzise durchgeführt wurde.

Im Vergleich mit den drei anderen Therapieoptionen war in der Gruppe der Repositionen mit - 1,35 dpt die größte Differenz zwischen prä- und postoperativem, cylindrischen Äquivalent nachweisbar (chirurgisch induzierter Astigmatismus), was am ehesten durch den anterioren, operativen Zugangsweg bedingt ist. Bei den irisfixierten Linsen betrug die Differenz im Vergleich dazu - 0,88 dpt, bei den nahtfixierten Linsen - 0,39 dpt und in der Gruppe der sulcusfixierten Linsen - 1,1 dpt. Allerdings wurde in keiner der Gruppen im Mittel eine perioperative Astigmatismus-Veränderung von  $> 1,5$  dpt beobachtet, d.h. die Gefahr eines operativ-induzierten Astigmatismus ist gering, wenn auch im Einzelfall durchaus Visus-bestimmend und damit relevant.

Die höchste Visussteigerung, nämlich im Mittel um 0,16 ( $\pm 0,22$ ) nach 3 Monaten wurde mit irisfixierten Linsen erzielt. Vergleichbar gute Ergebnisse wurden in dieser Hinsicht mit IOL-Repositionen erreicht, die im Schnitt einen Visusanstieg von 0,15 ( $\pm 0,19$ ) ermöglichten. Etwas schlechter schnitten hier die sulcusfixierten und die nahtfixierten Linsen mit Werten von 0,12 ( $\pm 0,22$ ) und 0,10 ( $\pm 0,28$ ) ab. Es konnte also mit allen Therapieoptionen im Mittel eine Visussteigerung erzielt werden.

Betrachtet man die Anzahl der Patienten, bei denen 3 Monate nach der Linsenimplantation eine Visusverbesserung zu verzeichnen gewesen ist, liegt hier ebenfalls die Iris-Klauen-Linse mit 25 Augen und 71% aller Operierten vorne. Es folgt mit rund 8%-Punkten Abstand die nahtfixierte Linse, die nach der Implantation in 24 Augen, also bei rund 63% aller Patienten zu einer Visussteigerung führte. Mit einem Anteil von je 58% wiesen hier die sulcusfixierten Linsen (14 Augen) und die Repositionen (7 Augen) im Vergleich weniger gute Ergebnisse auf.



Wagoner et al. berichten, dass nach sekundärer Implantation einer nahtfixierten Linse ein ccVisus von 0,5 von einem Anteil von 66% aller Patienten erreicht wurde.<sup>96</sup> Dieser Wert liegt weit über den von uns erzielten knapp 40% der Patienten mit einem postoperativen Visus von 0,5 oder mehr.

Dadeya et al. erzielten bei rund 30% ihrer mit sekundären, nahtfixierten Linsen versorgten Patienten einen postoperativen ccVisus von 0,3 oder mehr.<sup>97</sup> Wir konnten bei 61% unserer Patienten einen Visus von 0,3 oder mehr erreichen und erzielten somit bessere Ergebnisse.

Mohr et al. berichteten, mit ihren retropupillaren Iris-Klauen-Linsen bei rund 56% ihrer Patienten einen Visusanstieg erzielt zu haben.<sup>98</sup> Dieses Ergebnis lag unter den von uns erreichten 71% mit einer Verbesserung des Visus. Mohr et al. berichteten des Weiteren über einen unveränderten Visus in 38% und einen Visusverlust bei 6% der Patienten. Auch das deckt sich nicht mit unseren Beobachtungen, da wir in nur rund 11% einen unveränderten Visus vorfanden, dafür aber mit 17% einen im Vergleich hohen Anteil an Visusverlusten aufwiesen.

Baykara et al. hingegen berichten von guten Ergebnissen mit Iris-Klauen-Linsen, die die unseren weit übertreffen. Zwei Monate postoperativ erreichten 81% der Operierten einen ccVisus von 0,5 oder besser, nach 9 Monaten waren es sogar 87%.<sup>99</sup> Im Vergleich dazu liegen wir mit einem Anteil von 57% mit einem Visus über 0,5 nach 3 Monaten wesentlich niedriger.

Unterschiede zwischen den Ergebnissen können sich unter anderem durch vorbestehende Makulopathien und Netzhaut-Befunde ergeben, sprich durch möglicherweise differierende Auswahlkriterien bzw. Vorerkrankungen/Komorbidität des Kollektivs. Zudem muss bedacht werden, dass Visussteigerungen bei präoperativ besseren ccVisus-Ausgangswerten tendenziell geringer ausfallen werden, als in Gruppen mit geringeren Visusausgangswerten.

Unsere Ergebnisse zeigen aber insgesamt, ähnlich wie die angesprochenen Studien, dass mit allen 3 Linsentypen insgesamt sehr gute Ergebnisse bezüglich Refraktion und Visus erzielt werden. Gleiches gilt für die Reposition von Intraokularlinsen.

Die subjektive Einschätzung der Patienten ergab, dass rund 39% der Patienten eine Sehkraftverbesserung bemerkten. Der Anteil der Kategorie „keine Angabe“ war aller-

---

<sup>96</sup> Vgl. Wagoner et al. (2003).

<sup>97</sup> Vgl. Dadeya et al. (2003).

<sup>98</sup> Vgl. Mohr et al. (2002).

<sup>99</sup> Vgl. Baykara et al. (2007).

dings mit 46% sehr hoch. Dies lässt sich vor allem durch den retrospektiven Charakter der Studie erklären, da es häufig schwierig war die Patienten (oder den behandelnden Augenarzt) nach so langer Zeit aufzufinden, um sie nach ihrer Meinung zu befragen. In vielen Krankenakten wurde keine solche Patienteneinschätzung zum Operationsergebnis vermerkt, da der stationäre Aufenthalt meist nur kurz ist und das endgültige Ergebnis unmittelbar postoperativ ohnehin noch nicht ausreichend beurteilt werden kann.

Von den Patienten, bei denen eine subjektive Einschätzung vorliegt, gaben 73% (43 Patienten) eine Verbesserung ihrer Sehkraft an. Weitere 20% (12 Patienten) empfanden ihr Sehen als unverändert und nur 7% (4 Patienten) gaben eine Verschlechterung im Vergleich zum präoperativen Sehen an.

Die beste Bewertung erhielten die irisfixierten Linsen mit rund 49% positiver Patienteneinschätzungen. Bei den sulcusfixierten Linsen waren es rund 38%, bei den nahtfixierten Linsen 34%. Mit 33% positiven Einschätzungen schnitten die Repositionen hier am schlechtesten ab. In der Literatur waren keine vergleichbaren Angaben zur subjektiven Patienteneinschätzung des Operationsergebnisses zu finden.

Genau die Hälfte, nämlich 55 von 110 Eingriffen zur Aphakietherapie sind absolut komplikationslos verlaufen. Die am häufigsten beobachtete Komplikation waren mit insgesamt 19 betroffenen Augen und damit 17% Augeninnendruck-Schwankungen, gefolgt von Pupillenverziehungen, Dislokationen, Deszemetfalten und IOL-Explantationen die je rund 5% Anteil ausmachten.

Mit 75% komplikationslosen Eingriffen ist die Reposition einer IOL die sicherste der untersuchten Intervention. Es folgen mit einer Komplikationsrate von 50% die nahtfixierten Linsen und mit dem Auftreten von Komplikationen in 54% der Fälle die Sulcuslinsen. Mit einer Komplikationsrate von 57% erscheinen die irisfixierten Linsen als die riskanteste Therapieoption, wobei ohne die harmlosen Pupillenverziehungen eine Komplikationsrate von rund 43% und damit das beste Ergebnis bezüglich aufgetretener Komplikationen bei IOL-Implantationen erreicht wird.

Viele der von uns beschriebenen Komplikationen waren vorübergehende, postoperative Befunde wie zum Beispiel Deszemetfalten oder Tensioschwankungen, die weder den Heilungsverlauf noch das endgültige Sehergebnis wesentlich beeinträchtigten. Da wir uns aber dafür entschieden haben, auch diese Befunde in die Komplikationsraten mit einzubeziehen, liegen unsere Komplikationsraten über den in der Literatur angegebenen.

Evereklioglu et al. berichten von einer wesentlich niedrigeren Komplikationsrate bei Nahtfixation. Sie beobachteten in 26% der Patienten Komplikationen nach der Implantation, unter anderem kam es zu Erosionen der Naht, Dislokationen der IOL und Fibrinreaktionen.<sup>100</sup>

Kjeka et al. berichten von einer Komplikationsrate von 19,8% unmittelbar postoperativ (Anstieg des Augeninnendruckes in 10%, Glaskörper-Blutung in 4% u.a.) und späten postoperativen Komplikationen in 10% der Augen (Netzhautablösung in 4%, Tensioschwankungen in 4% u.a.) bei der Implantation einer skleranahtfixierten Linse.<sup>101</sup>

Baykara et al. berichten, dass bei der retropupillar-inversen Implantation von Iris-Klauen-Linsen in 12% Pupillenverziehungen auftraten, was mit unseren Ergebnissen (14% Pupillenverziehungen) weitgehend übereinstimmt. Weiterhin berichten sie vom Auftreten eines (milden) Augeninnendruckanstiegs unmittelbar postoperativ in 19% der Augen<sup>102</sup>, während wir in 17% Tensioschwankungen beobachtet haben, wobei es sich bei uns häufiger um eine vorübergehende Hypotonie handelte, welche sich im Verlauf vollständig zurückbildete.

Um Komplikationen wie Hornhautschäden und die bei uns häufig aufgetretenen Tensioschwankungen während der Operation zu vermeiden, empfiehlt sich die Verwendung einer Vorderkammerinfusion. Mit Hilfe dieser Infusion können sowohl die Vorderkammertiefe als auch der Augeninnendruck intraoperativ stabil gehalten werden<sup>103</sup>, was insbesondere bei längeren Eingriffen von großer Bedeutung ist.

62 Augen und damit 56% aller Augen, die aufgrund einer Aphakie mit einer sekundären Linsenimplantation oder einer Reposition behandelt wurden, waren zusätzlich von einer weiteren okulären Vorerkrankung betroffen. Insgesamt am häufigsten war mit 19 Augen und 17% eine vorangegangene Ablatio, gefolgt von Retinopathien in zusammen 18 betroffenen Augen, also rund 16%. 8% aller Patienten wiesen eine hohe Myopie (> 5 dpt) auf.

Die höchste Rate okulärer Vorerkrankungen wiesen die Patienten in der Repositionsgruppe mit 9 Augen und damit rund 75% auf. Dieser Wert lag signifikant über den Werten der irisfixierten und der nahtfixierten Linsen, die eine Vorerkrankungsrate von 57% (20 Augen) bzw. 58% (22 Augen) aufwiesen. Patienten, die mit einer sulcusfixierten Linse versorgt wurden, wiesen mit 11 Augen (46%) die wenigsten Vorerkrankung auf,

---

<sup>100</sup> Vgl. Evereklioglu et al. (2003).

<sup>101</sup> Vgl. Kjeka et al. (2008).

<sup>102</sup> Baykara et al. (2007).

<sup>103</sup> Vgl. Strmen (1998).

was auch durch den im Vergleich mit den anderen Therapiegruppen hohen präoperativen Visus bestätigt wird.

Zum einen werden somit (postoperatives) Visusergebnis und Zielrefraktion (z.B. bei hoher Myopie) von bestehenden Vorerkrankungen beeinflusst, was man bei der Betrachtung der Ergebnisse nicht außer Acht lassen darf. Zum anderen könnten die Vorerkrankungen auch eine Rolle bei der Wahl der Therapie gespielt haben. Dieser Aspekt wurde in der Arbeit jedoch nicht explizit untersucht. Es werden lediglich Voraussetzungen bezüglich präoperativer Befunde am Auge für die verschiedenen Linsentypen und Repositionen benannt.

#### **6.4.2. Problemanalyse**

Es handelt sich bei der in der UAM durchgeführten Studie über Aphakie um eine retrospektive Beobachtung, in der keine Randomisierung stattfand. Strukturungleichheiten zwischen den Therapiegruppen sind somit vorhanden.

Außerdem ist zu berücksichtigen, dass die Befunderhebung von Visus, Refraktion und Tensio durch mehrere, unterschiedliche Mitarbeiter erfolgte und zum Teil von niedergelassenen Augenärzten durchgeführt wurde. Es gab also keine einheitlichen, standardisierten Messmethoden und es musste sich auf die vorhandenen Daten beschränkt werden. Die Veränderung der Binokularfunktion präoperativ zu postoperativ wurde nicht betrachtet. Des Weiteren führten mehrere Ophthalmochirurgen die Operationen durch.

Ein weiteres Problem ist die geringe Fallzahl, da keine Fallzahlplanung durchgeführt wurde, die insbesondere bei der Betrachtung der Subgruppen von zunehmender Relevanz ist. Um größere Kollektive zur genaueren Untersuchung dieser seltenen Erkrankung zu erhalten, wäre eine multizentrische Studie erforderlich.

Die Angaben bei der subjektiven Patienteneinschätzung sind, bedingt durch den retrospektiven Charakter der Studie, unvollständig und teilweise über Dritte erhoben. Zudem wurde lediglich nach einer Verbesserung oder Verschlechterung des Sehens gefragt, was anzunehmend eng mit der Patientenzufriedenheit korreliert bzw. ein Indikator für Selbige ist, nach welcher jedoch nicht explizit gefragt wurde, so dass man die Ergebnisse der subjektiven Befragung lediglich als Tendenz betrachten kann.

Geht man davon aus, dass der Augeninnendruck keine Normalverteilung aufweist, wäre auch eine Darstellung in Boxplots sinnvoll, die angegebenen Mittelwerte und Standardabweichungen repräsentieren eine Tendenz bzw. einen Trend.

### 6.4.3. Ausblick / Perspektive

Zurzeit ist die Implantation einer intraokularen Linse und bei Bedarf ihr Austausch oder ihre Refixierung die wirkungsvollste Therapie der Linsenlosigkeit. Allerdings unterliegt die Ophthalmochirurgie einem ständigen Wandel, da immer neue Linsendesigns und moderne Operationsmethoden entwickelt werden. Die neuen Linsen werden immer haltbarer und sind zunehmend besser in der Lage, die Funktion der natürlichen Linse zu ersetzen. Die zur Implantation benötigten Inzisionen werden, insbesondere durch die Verwendung faltbarer Intraokularlinsen, immer kleiner und die Eingriffe damit zunehmend atraumatischer.

Eines der oben erwähnten, neuen Linsendesigns ist zum Beispiel die von Rieck und Binder vorgestellte, nahtlos an der Iris befestigte und sich zusätzlich im Sulcus ciliaris abstützende Intraokularlinse, die speziell für Aphakie mit fehlendem Halt durch Kapselreste entwickelt wurde.<sup>104</sup>

Szurman et al. hingegen entwickelten eine neue Operationsmethode für faltbare, nahtfixierte Linsen, die eine Implantation mittels eines Injektors durch extrem kleine, nahtfreie Inzisionen ermöglicht.<sup>105</sup>

Durch die Entwicklung der neuen Generation der Vorderkammerlinsen wie der „open-loop“- VKL und der Iris-Klauen-Linse scheint die Implantation einer Kunstlinse in den vorderen Augenabschnitt sicher und effektiv zu sein. Dies wird von Dick et al.<sup>106</sup>, Wagoner et al.<sup>107</sup> und Donaldson et al.<sup>108</sup> beschrieben. Da aber mit den älteren Vorderkammer-Modellen viele Schwierigkeiten und eine hohe Komplikationsrate verbunden waren, sind viele Ophthalmochirurgen noch abwartend. Auch an der UAM werden Vorderkammerlinsen derzeit nicht zur Aphakiekorrektur eingesetzt, da man der Meinung ist, genug sichere und bewährte Alternativen zu besitzen. Insbesondere die schnell und sicher zu implantierende, retropupillar-inverse Iris-Klauen-Linse, scheint die anderen Methoden zunehmend zu verdrängen. Ist keine Iris mehr im Auge vorhanden oder ist diese vorgeschädigt wird die skleranahtfixierte Linse eingesetzt, befinden sich Kapselreste im Auge wird eine Sulcuslinse eingesetzt. Häufen sich aber weiterhin die positiven Berichte über die modernen Vorderkammerlinsen ist es nicht ausgeschlossen, dass sich dieser Linsentyp in der Zukunft wieder zu einer Alternative zu den Hinter-

---

<sup>104</sup> Vgl. Rieck, Binder (2007).

<sup>105</sup> Vgl. Szurman et al. (2006).

<sup>106</sup> Vgl. Dick/ Augustin (2001).

<sup>107</sup> Vgl. Wagoner et al. (2003).

<sup>108</sup> Vgl. Donaldson et al. (2005).

kammerlinsen entwickelt. Entscheidendes Kriterium werden hierbei die langfristigen Ergebnisse bezüglich einer Schädigung des Hornhaut-Endothels sein.

Diese und andere Neuentwicklungen werden ein Teil der Zukunft für die Intraokularlinsen-Chirurgie und damit der Aphakie-Therapie sein.

#### **6.4.4. Schlusswort**

Die Anzahl der von einer Aphakie betroffenen Patienten hat sich in den letzten 50 Jahren reduziert, da seit der Entwicklung der intraokularen Linsen eine äußerst wirkungsvolle Therapie zur Verfügung steht. Trotzdem gibt es auch im Zeitalter der modernen Ophthalmochirurgie noch Ursachen, die zu einer Linsenlosigkeit führen. Es handelt sich dabei meist um komplexe Einzelfälle, die einer Behandlung durch einen Spezialisten bedürfen. Grundsätzlich gibt es mehrere, verschiedene Therapieoptionen und Linsendesigns, die in solchen Fällen verwendet werden können.

Wie diese Arbeit zeigen konnte, sind die skleranahtfixierte Linse, die Sulcuslinse und die retropupillar implantierte Iris-Klauen-Linse in etwa gleichwertige Therapieoptionen, die sich alle zur Aphakiekorrektur eignen. Welcher Linsentyp sich für den jeweiligen Patienten am besten eignet, muss anhand des präoperativen Befundes entschieden werden. Da die irisfixierte IOL sehr gute Ergebnisse bei geringem operativen Aufwand und damit geringer Komplikationsrate aufweist, präferieren wir an der UAM, bei geeigneter Ausgangslage, diesen Linsentyp. Für Patienten mit Iriserkrankungen sind die skleranahtfixierte Linse und die Sulcuslinse besonders geeignet. Als sehr sichere und effektive Behandlung hat sich ferner die Reposition einer dislozierten, intraokularen Linse erwiesen.

Die meisten Patienten, die an einer Aphakie leiden, können heutzutage also durch eine sekundäre Intervention erfolgreich behandelt werden, so dass anzunehmen ist, dass die Anzahl linsenloser Patienten, die auf eine Starbrille oder Kontaktlinsen angewiesen sind, weiterhin abnehmen wird.

## Literaturverzeichnis

1. **Al Shamrani, M./ Al Turkmani, S. (2012):** Update of intraocular lens implantation in children, Saudi Journal of Ophthalmology, 7/2012, 26: S. 271-275.
2. **Apple, D. J. (2004):** Sir Harold Ridley – The beginning of modern cataract surgery, Cataract & Refractive Surgery Today 03/2004, 4: S. 47-52.
3. **Auffarth G. U./ Apple, D. J. (2001):** Zur Entwicklungsgeschichte der Intraokularlinsen, Der Ophthalmologe 11/2001, 98: S. 1017-1028.
4. **Augustin, A. J. (2001):** Augenheilkunde, 2. Auflage, Springer Medizin Verlag, Berlin/Heidelberg/New York.
5. **Baykara, M./ Ozcetin, H./ Yilmaz, S./ Timucin, O. B. (2007):** Posterior iris fixation of the iris-claw intraocular lens implantation through a scleral tunnel incision, American Journal of Ophthalmology 10/2007, 144: S. 586-591.
6. **Cooper Vision (2008):** Geschichte der Kontaktlinse, Internet: [http://www.cooper-webshop.de/Default.aspx?id=\\$258\\$](http://www.cooper-webshop.de/Default.aspx?id=$258$), zuletzt aktualisiert 04/2008, abgerufen am 07.04.2008.
7. **Dadeya, S./ Kamlesh/ Kumari Sodhi, P. (2003):** Secondary intraocular lens (IOL) implantation: anterior chamber versus scleral fixation long-term comparative evaluation, European Journal of Ophthalmology 08/2003, 13: S. 627-633.
8. **Desai, P. (1993):** The National Cataract Surgery Survey: II. Clinical outcomes, Eye 1993, 7: S. 489-494.
9. **Dick, H. B./ Augustin, A. J. (2001):** Lens implant selection with absence of capsular support, Current Opinion in Ophthalmology 02/2001, 12: S. 47-57.
10. **Donaldson, K. E./ Gorscak, J. J./ Budenz, D. L./ Feuer, W. J./ Benz, M. S./ Forster, R. K. (2005):** Anterior chamber and sutured posterior chamber intraocular lenses in eyes with poor capsular support, Journal of Cataract & Refractive Surgery 05/2005, 31: S. 903-909.

11. **Efron, N./ Pearson, R. (1988):** Centenary Celebration of Fick's Eine Contact-brille, Archives of Ophthalmology 10/1988, 106: S. 1370-1377.
12. **Epley, K. D./ Shainberg, M. J./ Lueder, G. T./ Tychsen, L. (2001):** Paediatric secondary lens implantation in the absence of capsular support, Journal of AAPOS 10/2001, 5: S. 301-306.
13. **Evereklioglu, C./ Er, H./ Bekir, N. A./ Borazan, M./ Zorlu, F. (2003):** Comparison of secondary implantation of flexible open-loop anterior chamber and scleral-fixated posterior chamber intraocular lenses, Journal of Cataract & Refractive Surgery 02/2003, 29: S. 301-308.
14. **Grehn, F. (2006):** Augenheilkunde, 29. Auflage, 2006, Springer Verlag, Heidelberg.
15. **Grehn, F. (2008):** Augenheilkunde, 30. Auflage, Springer Verlag, Heidelberg.
16. **Gross, J. G./ Kokame, G. T./ Weinberg, D. V. (2004):** In the bag intraocular lens dislocation, American Journal of Ophthalmology 04/ 2004, 137: S. 630-635.
17. **Haeser, M. (1971):** Lehrbuch der Geschichte der Medizin und der epidemischen Krankheiten, Band II , 3. Auflage, Georg-Olms-Verlag, Hildesheim/New York.
18. **Hahn, T. W./ Kim, M. S./ Kim, J. H. (1992):** Secondary intraocular lens implantation in aphakia, Journal of Cataract & Refractive Surgery 03/1992, 18: S. 174-179.
19. **Haigis, W. (2007):** Präoperative Berechnung der Stärke intraokularer Linsen bei Problemaugen, Zeitschrift für medizinische Physik 03/2007, 17: S. 45-54.
20. **Höhn, S./ Spraul, C. W./ Buchwald, H. J./ Lang, G. K. (2004):** Spontaneous dislocation of intraocular lens with capsule as a late complication of cataract surgery in patients with pseudoexfoliation syndrome, Klinische Monatsblätter Augenheilkunde 04/2004, 221: S. 273-276.
21. **Iqbal, M. S./ Arbab, T. M./ Khan, M. M./ Rai, P./ Jafri A. R. (2009):** Secondary intraocular lens implantation, Pakistan Journal of Ophthalmology 2009, 25: S. 1-5.



22. **Jacobi, P. C./ Dietlein, T. S./ Jacobi, F. K. (2002):** Scleral fixation of secondary foldable multifocal intraocular lens implants in children and young adults, *Ophthalmology* 12/2002, 109: S. 2315-2324.
23. **Jin, G. J. C./ Crandall, A. S./ Jones, J. J. (2005):** Changing indications for and improving outcomes of intraocular lens exchange, *American Journal of Ophthalmology* 10/2005, 140: S. 688-694.
24. **Jirásková, N./ Rozsival, P./ Kohout, A. (2007):** A survey of intraocular lens explantation: a retrospective analysis of 23 IOLs explanted during 2005, *European Journal of Ophthalmology* 07-08/2005, 17: S. 579-587.
25. **Kanski, J. J. (2004):** *Klinische Ophthalmologie, Lehrbuch und Atlas*, 5. Auflage, Urban und Fischer Verlag, München/Jena.
26. **Kjeka, O./ Bohnstedt, J./ Meberg, K./ Seland, J. H. (2008) :** Implantation of scleral-fixated posterior chamber intraocular lenses in adults, *Acta ophthalmologica* 08/2008, 86: S. 537-542.
27. **Kohnen, T./ Baumeister, M./ Kook, D./ Klaproth, O./ Ohrloff, C. (2009):** Kataraktchirurgie mit Implantation einer Kunstlinse, *Deutsches Ärzteblatt* 2009, 106: S. 695-702.
28. **Kulkarni, K./ Zarbin, M./ Del Priore, L./ Tezel, T. H. (2007):** Ab externo technique for accurate haptic placement of transscleral sutured posterior chamber intraocular lenses, *Ophthalmic Surgery, Lasers & Imaging* 01-02/2007, 38: S. 72-75.
29. **Lachenmayr, B./ Friedburg, D./ Hartmann, E. (1999):** *Auge – Brille – Refraktion*, Begleitheft zum „Schober-Kurs“, 2. Auflage, Enke Verlag, Stuttgart.
30. **Lloyd, IC/ Ashworth, J./ Biswas, S./ Abadi, RV. (2007):** Advances in the management of congenital and infantile cataract, *Eye* 10/2007, 21: S. 1301-1309.
31. **Lundström, M./ Brege, K. G./ Florén, I./ Lundh, B./ Stenevi, U./ Thorburn, W. (2004):** Postoperative aphakia in modern cataract surgery: part 1: analysis of incidence and risks based on 5-year data from the Swedish National Cataract Reg-

ister and part 2: detailed analysis of the cause of aphakia and the visual outcome, Journal of Cataract & Refractive Surgery 10/2004, 30: S. 2105-2115.

32. **Ma, F., / Wang, Q. / Wang, L. (2012):** Advances in the management of the surgical complications for congenital cataract, Frontiers of medicine, 12/2012, 6: S. 360-365.
33. **Magli, A./ Fimiani, F./ Bruzzese, D./ Carelli, R./ Giani, U./ Iovine, A. (2008):** Congenital cataract extraction with primary aphakia and secondary lens implantation in the posterior chamber, European Journal of Ophthalmology, 11-12/2008, 18: S. 903-909.
34. **Maloney, R. K./ Nguyen, L. H./ John, M. E. (2002):** Artisan phakic intraocular lens for myopia, Ophthalmology 11/2002, 109: S. 1631-1641.
35. **Marques, F. F./ Marques, D./ Osher, R. H./ Freitas, L. L. (2007):** Longitudinal study of intraocular lens exchange, Journal of Cataract & Refractive Surgery 02/2007, 33: S. 254-257.
36. **Mimura, T./ Amano, S./ Sugiura, T./ Funatsu, H./ Yamagami, S./ Araie, M./ Eguchi, S. (2004):** Refractive change after transscleral fixation of posterior chamber intraocular lenses in the absence of capsular support, Acta Ophthalmologica Scandinavica 10/2004, 82: S. 544-546.
37. **Mohr, A./ Hengerer, F./ Eckhardt, C. (2002):** Retropupillare Fixation der Iris-klaulenlinse bei Aphakie, Der Ophthalmologe 2002, 99: S. 580-583.
38. **Onal, S./ Gozum, N./ Gucukoglu, A. (2004):** Visual Results and Complications of posterior chamber intraocular lens implantation after capsular tear during phacoemulsification, Ophthalmic Surgery, Lasers & Imaging 05-06/2004, 35: S. 219-224.
39. **Otto, T./ Schmitz, K./ Behrens-Baumann, W. (2004):** Ergebnisse der Aphakie-korrektur mit der irisfixierten Artisan-Linse, Klinisches Monatsblätter für Augenheilkunde 2004, 221: V37
40. **Pavlović, S. (2000):** Cataract surgery in children, Medicinski Pregled 05-06/2000, 53: S. 257-261.

41. **Preussner, P. R./ Wahl, J./ Weitzel, D./ Berthold, S./ Kriechbaum, K./ Findl, O. (2004):** Predicting postoperative intraocular lens position and refraction, Journal of Cataract & Refractive Surgery 10/2004, 30: S. 2077-2083.
42. **Pschyrembel, W. (2002):** Klinisches Wörterbuch, 259. Auflage, Walter de Gruyter Verlag, Berlin/New York.
43. **Putz, R./ Pabst, R. (Hrsg.) (2004):** Sobotta – Atlas des Menschen, 21. Auflage, Urban und Fischer Verlag, München/Jena.
44. **Regillo, C. D./ Tidwell, J. (1996):** A small-incision technique for suturing a posterior chamber intraocular lens, Ophthalmic Surgery and Lasers 06/1996, 27: S. 473-475.
45. **Riazi, M./ Moghimi, S./ Najmi, Z./ Ghaffari, R. (2008):** Secondary Artisan-Versys intraocular lens implantation for aphakic correction in post-traumatic vitrectomized eyes, Eye 12/2008, 22: S. 1419-1424.
46. **Rieck, P. W./ Binder, H. (2007):** A new posterior chamber intraocular lens for sutureless iris-fixated ciliary sulcus implantation in aphakic eyes without capsular support, Der Ophthalmologe 07/2007, 104: S. 577-581.
47. **Ruefer, F./ Saeger, M./ Noelle, B./ Roeder, J. (2009):** Implantation of retropupillar iris claw lenses with and without combined penetrating keratoplasty, Graefes Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology 04/ 2009, 247: S. 457-462.
48. **Sachsenweger, M. (2003):** Duale Reihe Augenheilkunde, 2. Auflage, Georg Thieme Verlag, Stuttgart.
49. **Sadler, T. W. (2003):** Medizinische Embryologie, Die normale menschliche Entwicklung und ihre Fehlbildungen, 10. Auflage, Thieme Verlag, Stuttgart.
50. **Sarrafizadeh, R./ , Ruby, A. J./ Hassan, T. S./ Williams, G. A./ Garretson, B. R./ Trese, M. T./ Margherio, R. R. (2001):** A comparison of visual results and complications in eyes with posterior chamber intraocular lens dislocation treated with pars plana vitrectomy and lens repositioning or lens exchange, Ophthalmology 2001, 108: S. 82-89.

51. **Schmidt, J. C./ Meyer, C. H./ Mennel, S. (2007):** Pars-plana vitrectomie with anterior chamber infusion via a paracentesis in pseudophakic eyes, *Der Ophthalmologe* 03/2007, 404: S. 222-225.
52. **Schmidt, J. C./ Nietgen, G. W./ Freisberg, L./ Neisskenwirth, N. N. (2002):** A modified transscleral suture for fixation of sulcus carried posterior chamber lenses, *Journal of Cataract & Refractive Surgery* 01/2002, 28: S. 15-17.
53. **Sewelam, A. (2003):** Four-point fixation of posterior chamber intraocular lenses in children with unilateral aphakia, *Journal of Cataract & Refractive Surgery* 02/2003, 29: S. 294-300.
54. **Speeg-Schatz, C./ Flament, J./ Weissrock, M. (2005):** Congenital cataract extraction with primary aphakia and secondary intraocular lens implantation in the ciliary sulcus, *Journal of Cataract & Refractive Surgery*, 04/2005, 31: S. 750-756.
55. **Strmen, P. (1998):** Secondary implantation of posterior chamber intraocular lenses in reconstructive surgery of the anterior segment and infusion of fluid through the pars plana, *Ceska a Slovenska Oftalmologie* 04/1998, 54: S.71-75.
56. **Suto, C./ Hori, S./ Fukuyama, E./ Akura, J. (2003):** Adjusting intraocular lens power for sulcus fixation, *Journal of Cataract & Refractive Surgery* 10/2003, 29: S. 1913-1917.
57. **Szurman, P./ Petermeier, K./ Jaissle, G./ Spitzer, M./ Bartz-Schmidt, K. (2006):** Injektorimplantation sklerafixierter Faltlinsen, *Der Ophthalmologe* 12/2006, 103: S. 1020-1026.
58. **Thuman, G./ Bartz-Schmidt, K (2004):** Chirurgie von Verletzungen des Auges, *Deutsches Ärzteblatt* 07/2004, 101: S. 2051-2054.
59. **Wagoner, M. D./ Cox, T. A./ Ariyasu, R. G./ Jacobs, D. S./ Karp, D. L (2003):** Intraocular lens implantation in the absence of capsular support: a report by the American Academy of Ophthalmology, *Ophthalmology* 04/2003, 110: S. 840-859.
60. **Wolfram/ Pfeiffer (2012):** Weißbuch zur Situation der ophthalmologischen Versorgung in Deutschland, 09/2012, Deutsche Ophthalmologische Gesellschaft, S. 17.

61. **Yarangumeli, A./ Alp, M. N./ Kural, G. (2012):** Single-suture scleral fixation of subluxated foldable intraocular lenses, *European Journal of Ophthalmology* 07-08/2012, 22: S. 547-553.
62. **Yepez, J. B./ Yepez, J./ Valero, A./ Arevalo, J. F. (2006):** Surgical Technique for transscleral fixation of a foldable posterior chamber intraocular lens, *Ophthalmic Surgery, Lasers & Imaging* 05-06/2006, 37: S. 247-250.
63. **Zetterström, C./ Kugelberg, M. (2007):** Paediatric cataract surgery, *Acta Ophthalmologica Scandinavica* 10/2007, 85: S. 698-710.

## **Verzeichnis der akademischen Lehrer**

Prof. Dr. med. Baum

Prof. Dr. med. Wulf

Prof. Dr. med. Hertl

Prof. Dr. med. Lohoff

Prof. Dr. med. Renz

Prof. Dr. med. Moll

Prof. Dr. med. Plant

Prof. Dr. med. Krieg

Prof. Dr. med. Lingen

Prof. Dr. med. Dettmeyer

Prof. Dr. med. Kroll

Prof. Dr. med. Werner

Prof. Dr. med. Oertel

Prof. Dr. med. Wagner

Prof. Dr. med. Maier

Prof. Dr. med. Schäfer

Prof. Dr. med. Richter

Prof. Dr. med. Vogelmeier

Prof. Dr. med. Jungclas

Prof. Dr. med. Rothmund

Prof. Dr. med. Mutters

PD Dr. med. Gerdes

PD Dr. med. Tibesku

## Danksagung

Ein besonderes Dankeschön an meinen Doktorvater Prof. Schmidt für all die investierte Zeit und Arbeit mit mir.

Dank an die beiden weiteren Mitglieder meines Prüfungsausschusses Fr. Prof. Lorenz und Fr. PD Dr. Rolfes.

Ich danke meiner Familie, die mich, jeder auf seine oder ihre Art, sehr bei der Fertigstellung dieser Arbeit unterstützt hat.

Insbesondere danke ich Claus Zippel, der mir viele Anregungen und Unterstützung zu Teil werden ließ.

Einen Dank an Marieke Niemeyer, die eine große Hilfe bei der statistischen Ausarbeitung war.

Herzlichen Dank auch an Prof. Dr. Koch und Dr. Fasshauer, die mich stets in dem Bestreben unterstützten diese Doktorarbeit fertig zu stellen.